

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK**



**ANALISA PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN SVC  
(*STATIC VAR COMPENSATOR*) UNTUK PERBAIKAN  
PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA DI PT. PUPUK  
KALIMANTAN TIMUR MENGGUNAKAN *SOFTWARE*  
*PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION***

**SKRIPSI**

**Disusun Oleh :  
ABDUL SOMAD  
03.12.024**

**SEPTEMBER 2008**

## LEMBAR PERSETUJUAN

### ANALISA PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN SVC (STATIC VAR COMPENSATOR) UNTUK PERBAIKAN PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA DI PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR MENGGUNAKAN SOFTWARE PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION

## SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Jurusan Teknik Elektro Strata Satu (S-1) Konsentrasi Teknik Energi Listrik*

Disusun Oleh :

**ABDUL SOMAD**

NIM : 03.12.024


Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

  
(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)

NIP.Y. 1018800189

  
(Ir. H. Choirul Saleh, MT)

NIP. Y. 1018800190

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



  
(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)

NIP.Y. 1039500274

**KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2008**

## ABSTRAKSI

### ANALISA PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN SVC (*STATIC VAR COMPENSATOR*) UNTUK PERBAIKAN PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA DI PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR MENGGUNAKAN *SOFTWARE* *PSCAD POWER SYSTEM SIMULATION*

( Abdul Somad / 0312024, Teknik Energi Listrik S-1 )  
( Dosen Pembimbing I : Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT )  
( Dosen Pembimbing II : Ir. Chorul Saleh, MT )

**Kata Kunci :** Harmonisa, Filter Pasif, SVC.

Tegangan dan faktor daya listrik yang baik sangat diperlukan di PT. Pupuk Kalimantan Timur karena banyaknya motor-motor dan kontrol motor yang menyebabkan faktor daya menjadi turun dan kenyataannya juga menyebabkan timbulnya harmonisa pada sistem distribusi listrik di PT. Pupuk Kaltim.

Untuk itu PT. Pupuk Kalimantan Timur memasang Harmonic Filter pasif dan SVC (*Static VAR Compensator*) yang bertujuan untuk memperbaiki profile tegangan dan mereduksi harmonisa serta meningkatkan faktor daya. Pengamatan dan pengukuran dilakukan pada sistem distribusi listrik di Kaltim-3 PT. Pupuk Kalimantan Timur dengan menggunakan Clamp Meter yaitu tegangan, %VTHD, arus, %ITHD, frekuensi, dan Faktor Daya (PF). Data yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan standar yang diijinkan.

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan pemasangan Harmonic Filter dan SVC, distorsi harmonisa dapat diredam dari (9.00%) menjadi (3.00%) dan menurunkan daya reaktif dari (0.5426MVar) menjadi (0.2839MVar), serta dapat memperbaiki profile tegangan dari (0.472kV) menjadi (0.519kV) dan SVC mampu memenuhi kebutuhan injeksi kapasitif pada factor daya mendekati kisaran (95.00%). Dengan kata lain, Harmonic Filter dan SVC bekerja dengan baik.



## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar sarjana teknik elektro di Institut Teknologi Nasional Malang. Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini mungkin masih jauh dari kesempurnaan, sehingga sangat diharapkan adanya saran dan masukan yang bersifat membangun dari semua pihak untuk membantu penyelesaian penyusunan skripsi ini. Dalam penyusunan laporan skripsi ini, penulis tak lupa mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-I.
3. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, selaku Dosen Pembimbing.
4. Bapak Ir. H. Choirul Saleh, MT, selaku Dosen Pembimbing
5. Orang Tua Tercinta yang selalu memberikan semangat, motivasi serta do'a.
6. Teman-temanku yang telah memberikan bantuan, motivasi dan do'a.
7. Semua pihak yang telah membantu terselesainya skripsi ini.

Akhirnya penulis mengharapkan skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, khususnya pada jurusan Teknik Elektro konsentrasi Teknik Energi Listrik.

Malang, / 2008

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN .....	i
ABSTRAKSI.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GRAFIK.....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	1
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Metode Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK .....</b>	<b>6</b>
2.1. Sistem Tenaga Listrik .....	6
2.1.1. Sistem Distribusi Primer.....	7
2.1.2. Sistem Distribusi Skunder .....	7
2.2 Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik.....	8
2.2.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial .....	8
2.2.1.1. Sistem Radial Pohon .....	9

2.2.1.2. Sistem Radial Dengan <i>Tie</i> dan <i>Swith</i> Pemisah .....	9
2.2.1.3. Sistem Radial Dengan Pembagian <i>Phasa Area</i> .....	10
2.2.1.4. Sistem Radial Dengan Beban Terpusat .....	11
2.2.2. Sistem Jaringan Distribusi Tertutup ( <i>Loop</i> ) .....	12
2.2.3. Sistem Jaringan Distribusi <i>Mesh</i> .....	13
2.3.2.1. Struktur Jaringan Radial.....	13
2.3.2.2. Struktur Jaringan Loop (Lingkaran) .....	13
2.3.2.3. Struktur Jaringan Grid atau Mesh (Anyaman) .....	13
2.3. Kualitas Daya Elektrik .....	14
2.4. Gangguan Dalam Sistem Tenaga Listrik .....	14
2.5. Daya Dalam Sistem Tenaga .....	16
2.5.1. Daya Nyata ( <i>Real Power</i> ) .....	16
2.5.2. Daya Reaktif ( <i>Reactive Power</i> ).....	16
2.5.3. Daya Semu ( <i>Apparent Power</i> ) .....	17
2.6. Faktor Daya .....	18
2.7. Peralatan Elektronika Daya .....	20
2.7.1. <i>Transistor Bipolar</i> .....	20
2.7.2. <i>Metal Oxide Semiconductor FET ( MOSFET )</i> .....	20
2.7.3. <i>Insulated Gate Bipolar Transistor ( IGBT )</i> .....	21
2.8. Peralatan Kompensasi Dalam Sistem Tenaga Listrik.....	25
2.8.1. <i>Static VAR Compensator</i> .....	25
2.8.1.1. <i>Thyristor-Controlled Reactor ( TCR )</i> .....	27
2.8.1.1. <i>Thyristor Switched Capasitor ( TSC )</i> .....	27

2.8.2. NGH-Sub Synchronus Resonance ( SSR ) .....	28
2.8.3. Thyristor Controlled Series Capacitor ( TCSC ) .....	29
2.8.4. Static Condenser ( STATCON ) .....	31
2.8.5. Thyristor Controlled Phase Angle Regulator ( TCPR ) .....	32
2.8.6. Dynamic Voltage Restorer ( DVR ) dan Distribution Static Compensator ( D-STATCOM ) .....	33
2.8.6.1. Model DVR .....	33
2.8.6.2. Model D-STATCOM .....	34

### **BAB III ANALISA PEMASANGAN *HARMONIC FILTER* DAN SVC**

#### **( *Static VAR Compensator* ) UNTUK PERBAIKAN PROFILE**

<b>TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA .....</b>	<b>36</b>
3.1. Teori Dasar Harmonisa .....	36
3.2. Sumber Harmonisa .....	38
3.2.1. Konverter .....	38
3.2.2. Tanur Busur Listrik ( <i>Electric Arc Furnace</i> ) .....	38
3.2.3. Transformator .....	39
3.2.4. Mesin – mesin Berputar .....	39
3.2.5. Pengaruh Harmonisa Pada Komponen Peralatan Listrik .....	39
3.2.6. Pengaruh Harmonisa Pada Motor .....	41
3.2.7. Pengaruh Harmonisa Pada Faktor Daya .....	42
3.2.8. Pengaruh Harmonisa pada Sistem Tegangan .....	44
3.2.9. Standar Harmonisa .....	46

3.2.10. Indeks Harmonisa .....	46
3.3. Resonansi .....	47
3.4. Filter Harmonisa .....	46
3.4.1. Tipe Filter .....	46
3.4.2. Jenis-jenis Filter Pasif .....	48
3.4.3. <i>Single-Tune Filter</i> .....	49
3.4.4. <i>Double-Tune Filter</i> .....	50
3.4.5. <i>High Pass Filter</i> .....	50
3.5. <i>Software PSCAD/EMTDC V 4.2 Power Simulation</i> .....	55
3.5.1. Memulai <i>PSCAD/EMTDC Power Simulation</i> .....	56
3.5.2. Sistem Pengendalian PWM Sinusoida .....	58
3.5.2.1. <i>PWM Sinusoida</i> .....	58
3.5.2.2. Aksi Kontrol PWM Sinusoida terhadap SVC .....	59
3.6. Aksi Kontrol proporsional Integral .....	60
3.6.1. Umum .....	60
3.6.2. Prinsip-Prinsip Pengendalian Proses .....	63
3.6.3. Prinsip Kerja pengendali.....	63
3.6.3.1. Pengendali Proporsional ( <i>Proportional Controller</i> ) .....	64
3.6.3.2. Pengendali Integral ( <i>Integrator Controller</i> ) .....	67
3.6.3.1. Pengendali Proporsional Integral ( <i>PI Controller</i> ) .....	69
3.8. <i>Flow Chart</i> .....	72
3.9. Input Data Dalam <i>PSCAD/EMTDC Power Simulation</i> .....	73
3.9.1. <i>Input Data Transformator dan Fixed Load</i> .....	73



3.9.1. <i>Input Data Pengendali PI dan SPWM Pada SVC</i> .....	74
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISA HASIL</b> .....	<b>75</b>
4.1. <i>Single Line Sistem Distribusi Listrik Kaltim-3</i> .....	75
4.2. <i>Data Penyaluran dan Pembebanan</i> .....	75
4.2.1. <i>Data Saluran Distribusi Listrik Di Kaltim-3</i> .....	75
4.2.2. <i>Data Pembebanan Distribusi Listrik Di Kaltim-3</i> .....	76
4.3. <i>Solusi Perbaikan Kualitas Tegangan Dengan Software PSCAD/EMTDC</i> <i>V 4.2 Power Simulation</i> .....	78
4.4. <i>Hasil dan Analisa Hasil Perbaikan Profile Tegangan dan Faktor Daya</i> <i>dengan Harmonic Filter dan SVC</i> .....	78
4.4.1. <i>Hasil Perhitungan dan Simulasi Sebelum Kompensasi Harmonic</i> <i>Filter dan SVC</i> .....	78
4.4.2. <i>Hasil Perhitungan dan Simulasi Setelah Kompensasi</i> .....	80
4.4.2.1. <i>Kompensasi Harmonic Filter ( HF )</i> .....	80
4.4.2.2. <i>Kompensasi Static VAR Compensator ( SVC )</i> .....	81
4.4.3. <i>Perbandingan Hasil Simulasi Sebelum dan Sesudah Kompensasi</i> .....	82
4.4.3.1. <i>Perbandingan Tegangan dan Faktor Daya Dengan dan</i> <i>Tanpa Harmonic Filter ( HF )</i> .....	82
4.4.3.2. <i>Perbandingan Tegangan dan Faktor Daya Dengan</i> <i>Kompensasi SVC Setelah Di Kompensasi Harmonic</i> <i>Filter ( HF )</i> .....	82
<b>BAB IV PENUTUP</b> .....	<b>85</b>

5.1. Kesimpulan .....	85
5.2. Saran .....	85
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>86</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jaringan Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan .....	6
Gambar 2.2	Sistem Jaringan Distribusi Radial .....	8
Gambar 2.3	Sistem jaringan Distribusi Radial Dengan <i>Tie</i> dan <i>Switch</i> Pemisah.....	10
Gambar 2.4	Sistem Radial Dengan Beban Terpusat .....	11
Gambar 2.5	Jaringan Distribusi Radial Dengan Beban Terpusat .....	12
Gambar 2.6	Sistem Jaringan Distribusi <i>Loop</i> .....	12
Gambar 2.7	Sistem Jaringan Distribusi <i>Mesh</i> .....	13
Gambar 2.8	Segi Tiga Daya .....	17
Gambar 2.9	Fasor Arus Pada Rangkaian AC.....	19
Gambar 2.10	Fasor Daya Pada Rangkaian AC.....	19
Gambar 2.11	Tegangan Drop Kondisi Menyambung Untuk Sebuah MOSFET dan 2 IGBT .....	25
Gambar 2.12	<i>Static VAR Compensator</i> .....	26
Gambar 2.13	Rangkaian Dasar <i>Thyristor Cotroller Reactor</i> ( TCR ) .....	27
Gambar 2.14	Rangkaian Dasar <i>Thyristor-Switched Capacitor</i> ( TSC ) .....	28
Gambar 2.15	Rangkaian Dasar <i>Static VAR Compensator</i> ( SVC ).....	28
Gambar 2.16	NGH – <i>Sub Synchronous Resonance</i> .....	29
Gambar 2.17	<i>Thyristor Controlled Series Capacitor</i> ( TCSC ).....	38
Gambar 2.18	<i>Static Condensat</i> ( STATCON ) .....	26

Gambar 2.19	<i>Thyristor Controlled Phase Angle Regulator ( TCPR )</i> .....	27
Gambar 2.20	Diagram Blok Fungsional Untuk DVR .....	28
Gambar 2.21	Diagram Blok Fungsional Untuk ( D-STATCOM ).....	28
Gambar 3.1a	Bentuk Gelombang Frekuensi Dasar.....	37
Gambar 3.1b	Bentuk Gelombang Frekuensi Dasar dan Frekuensi Harmonisa ...	37
Gambar 3.1c	Bentuk Gelombang Resultan dari Frekuensi dasar dan Harmonisa.....	37
Gambar 3.2	Perbandingan Sinyal Listrik Sinusoida terhadap Sinyal Listrik Berharmonisa .....	43
Gambar 3.3	Rangkaian Distribusi Sederhana .....	44
Gambar 3.4	Pemasangan Filter Harmonisa .....	48
Gambar 3.5	Bentuk Fisik <i>Harmonic Filter Active</i> .....	49
Gambar 3.6	Bentuk Fisik <i>Harmonic Filter Pasive</i> .....	49
Gambar 3.7	Jenis-jenis Filter pasif yang umum .....	52
Gambar 3.8a	Rangkaian Filter Penalaan Tunggal .....	53
Gambar 3.8b	Grafik Impedansi Filter Terhadap Frekuensi .....	53
Gambar 3.9	Rangkaian Filter Penalaan Ganda .....	54
Gambar 3.10	Tampilan Utama <i>Software PSCAD/EMTDC Power Simulation</i> ...	56
Gambar 3.11	Tampilan Modul Utama .....	57
Gambar 3.12	Tampilan <i>Master Library</i> .....	57
Gambar 3.13	Tampilan <i>Single Line</i> PT.PKT Dalam PSCAD .....	58
Gambar 3.14	Kontrol dan Diagram Kontaknya.....	64

Gambar 3.15	Diagram Blok Kontrol Proposional .....	65
Gambar 3.16	Response sebuah Pengendali Proposional .....	66
Gambar 3.17	Blok Diagram Kontrl Integral .....	68
Gambar 3.18	Diagram Kotak pengendali PI .....	69
Gambar 3.19	Hubungan Input-Output Pengndali PI dalam Fungsi Waktu .....	65
Gambar 3.20	<i>Flowchart</i> Analisa Perbaikan Kualitas daya dengan Filter Harmonik dan SVC .....	72
Gambar 3.21	Tampilan Input Data Transformator .....	73
Gambar 3.22	Tampilan <i>Input Data Fixed Load</i> .....	73
Gambar 3.23a	Rangkaian Pengendali PI Untuk Mengendalikan SVC .....	74
Gambar 3.23b	Rangkaian Sinyal Komparator Untuk Mengendalikan SVC .....	74
Gambar 3.23c	Rangkaian Komperator Untuk Mengendalikan SVC .....	74
Gambar 4.1	<i>Single Line</i> Distribusi Tenaga Listrik Kaltim-3 PT. PKT .....	75

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Tiga Piranti Penyalur Daya Untuk Kemampuan Yang Setara .....	22
Tabel 2.2	Perbandingan Karakteristik Piranti Penyaluran Daya .....	23
Tabel 2.3	Perbandingan Tegangan Drop dan Rating Tegangan antara IGBT dan MOSFET .....	24
Tabel 4.1	Data Saluran Distribusi Tenaga Listrik Kaltim-3 .....	75
Tabel 4.2	Data Pembagian Beban Pada Bus 52-MC-121 .....	76
Tabel 4.3	Data Pembagian Beban Pada Bus 52-MC-122 .....	76
Tabel 4.4	Data Pembagian Beban Pada Bus 52-MC-123 .....	76
Tabel 4.5	Data Pembagian Beban Pada Bus 52-MC-111 .....	77
Tabel 4.6	Data Pembagian Beban Pada Bus 52-MC-112 .....	77
Tabel 4.7	Data Pembagian Beban Pada Bus 52-MC-321 .....	77
Tabel 4.8	Data Pembagian Beban Pada Bus 52-MC-322 .....	77
Tabel 4.9	Data Pembagian Beban Pada Bus 52-MC-221 .....	77
Tabel 4.10	Hasil Simulasi Tanpa Kompensasi HF dan SVC.....	79
Tabel 4.11	Hasil Simulasi Setelah Kompensasi <i>Harmonic Filter</i> (HF) .....	81
Tabel 4.12	Hasil Simulasi Dengan Kompensasi SVC Setelah Kompensasi <i>Harmonic Filter</i> ( HF ).....	82
Tabel 4.13	Perbandingan Tegangan Dan Faktor Daya Dengan dan Tanpa Kompensasi HF.....	82

Tabel 4.14 Perbandingan Tegangan dan Faktor Daya Dengan Kompensasi

SVC Setelah Kompensasi HF .....	83
---------------------------------	----

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4-1	Bentuk Gelombang Tegangan, Gelombang Arus Pada Sumber, Gelombang Arus Pada Beban, Gelombang Daya Reaktif Sebelum Diberi Kompensasi <i>Harmonic Filter</i> ( HF ) dan <i>Static VAR Compensator</i> (SVC).....	79
Grafik 4-2	Bentuk Gelombang Tegangan, Gelombang Arus Pada Sumber, Gelombang Arus Pada Beban, Gelombang Daya Reaktif Setelah Diberi Kompensasi <i>Harmonic Filter</i> ( HF ).....	80
Grafik 4-3	Bentuk Gelombang Tegangan, Gelombang Arus Pada Sumber, Gelombang Arus Pada Beban, Gelombang Daya Reaktif Dengan Kompensasi <i>Static VAR Compensator</i> ( SVC ) Setelah Di Kompensasi <i>Harmonic Filter</i> ( HF ).....	81



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dengan semakin berkembangnya pemakaian teknologi elektronika dalam sistem tenaga maka semakin banyak pula peralatan-peralatan non linier yang dipergunakan di industri. Peralatan non linier ini dapat mempengaruhi kualitas daya di suatu industri, karena beban non linier ini merupakan sumber utama dari gangguan harmonisa. Arus harmonisa dapat dibangkitkan oleh pemakaian peralatan elektronik, misalnya: konverter, inverter, dan beban non linier lainnya<sup>[1]</sup>

Kualitas daya listrik yang baik sangat diperlukan di PT. Pupuk Kalimantan Timur. Tetapi, karena banyaknya motor-motor dan kontrol motor yang digunakan sehingga sangat berpotensi menyebabkan timbulnya harmonisa serta timbulnya rugi-rugi daya pada sistem kelistrikan tersebut. Terjadinya gangguan harmonisa ini harus benar-benar diperhatikan karena akan menimbulkan pengaruh yang tidak diinginkan. Pengaruh tersebut antara lain : peralatan menjadi panas, *life time* peralatan menjadi berkurang, bahkan dapat menyebabkan peralatan menjadi rusak.

Dengan menggunakan bantuan *software pscad power system simulation* versi 4.2.0 kita dapat menganalisa harmonisa dan power factor yang di butuhkan sebagai unjuk kerja pada sistem kelistrikan pada PT. Pupuk Kalimantan Timur menggunakan filter marmonic dan SVC (*Static VAR Compensator*) dan menginputkan parameter – parameter yang dibutuhkan.

## 1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara membuat rangkaian SVC (*Static VAR Compensator*) pada sistem distribusi.
2. Bagaimana cara mengukur *Total Harmonic Distortion* pada sistem yang menyebabkan timbulnya rugi rugi yang mengakibatkan turunya faktor daya Pada sistem, sehingga sangat berpengaruh padah kualitas daya yang ada dalam sistem.
3. Bagaimana cara menentukan nilai dari harmonic filter, dalam hal ini kita menggunakan tuned filter.
4. Bagaimana cara membuat rangkian simulasi di dalam *pscad power system simulation*.
5. Seberapa besar dampak dari pemasangan *harmonic filter* dan SVC (*Static VAR Compensator*) dapat meminimalisasi perofile tegangan dan faktor daya.
6. Bagaimana hasil perbandingan antara sebelum dan sesudah di pasang *harmonic filter* dan SVC (*Static VAR Compensator*)

## 6.2. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan di atas maka skripsi ini bertujuan untuk mengoptimalkan penyaluran daya secara ekonomis, memperbaiki profile tegangan suatu sistem tenaga listrik serta mengurangi rugi-rugi daya akibat harmonisa dengan menggunakan *HARMONIC FILTER (HF) DAN STATIC VAR COMPENSATOR ( SVC )*

## 1.4. Batasan Masalah

Agar permasalahan mengarah sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan maka permasalahan dalam skripsi ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

- a. Simulasi dari rangkaian single line diagram dengan menggunakan *software PSCAD Power System Simulation* pada PT. Pupuk Kalimantan Timur untuk menganalisa seberapa besar harmonisa dan factor daya yang terjadi pada sistem.
- b. Sistem kelistrikan yang dibahas adalah sistem kelistrikan di PT. Pupuk Kalimantan Timur.
- c. Analisa dilakukan hanya sebatas pengkajian beban yang telah ada.

### 1.5. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah :

- a) Studi literatur, yaitu kajian pustaka untuk mempelajari teori-teori yang terkait melalui literatur yang ada, yang berhubungan dengan permasalahan.

- b) Pengumpulan Data

Bentuk data yang digunakan :

- Data kuantitatif, yaitu data yang dapat dihitung atau data yang berbentuk angka-angka.
- Data kualitatif, yaitu data yang berbentuk diagram, dalam hal ini *single line diagram*.

- c) Pemodelan

Setelah mendapatkan data, maka disimulasikan dalam *software PSCAD Power System Simulation*.

- d) Analisa Data

Menganalisis data yang diperoleh dengan mempergunakan *software PSCAD Power System Simulation*.

e) Kesimpulan

Menarik kesimpulan dari hasil analisa data.

### 1.1. Sistematika Penulisan

Penulisan dibagi dalam beberapa bab dan sub bab, adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah:

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

Berisi penguraian tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah, Metodologi Penelitian dan Sistematika Penulisan

#### **BAB II : SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK**

Membahas tentang sistem distribusi tenaga listrik secara umum dan pengaruh pemasangan alat kompensasi untuk memperbaiki kualitas tegangan dan factor daya.

#### **BAB III : PERBAIKAN PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA MENGUNAKAN FILTER HARMONIK DAN SVC**

Berisi penguraian tentang perbandingan kualitas tegangan dan factor daya pada system menggunakan alat kompensasi Fiter Harmonik dan SVC dan tanpa menggunakan kompensasi Fiter Harmonik dan SVC.

#### **BAB IV : HASIL DAN ANALISA HASIL**

Menguraikan tentang hasil simulasi dan menganalisa hasil simulasi.

## **BAB V : PENUTUP**

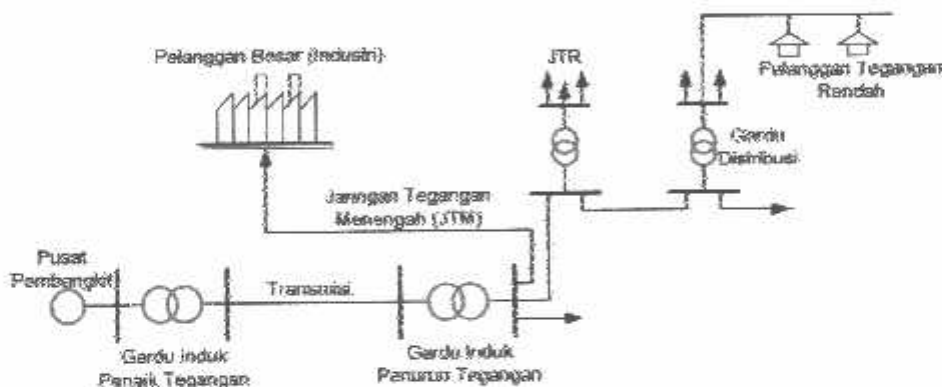
Berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil simulasi.

## BAB II

### SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

#### 2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik<sup>[1]</sup>

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem terpadu yang terbentuk oleh hubungan-hubungan peralatan dan komponen-komponen listrik. Sistem tenaga listrik ini mempunyai peranan utama untuk menyalurkan energi listrik yang dibangkitkan oleh generator dari pembangkit ke konsumen yang membutuhkan energi listrik.



Gambar 2.1  
Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Distribusi Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan <sup>[2]</sup>

Jaringan setelah keluar dari G.I. biasanya disebut jaringan distribusi. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan menengah dan tegangan rendah, kemudian disalurkan ke industri-industri, rumah-rumah atau pelanggan (konsumen).

Dalam pendistribusian tenaga listrik ke konsumen, tegangan yang digunakan bervariasi tergantung dari jenis konsumen yang membutuhkan. Untuk konsumen industri biasanya digunakan tegangan menengah 20 kV, sedangkan untuk konsumen perumahan digunakan tegangan rendah 220/ 380 Volt, yang merupakan tegangan siap pakai untuk peralatan-peralatan rumah tangga. Dengan demikian maka sistem distribusi tenaga listrik dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem yaitu :

1. Sistem distribusi primer (Jaringan Tegangan Menengah)
2. Sistem distribusi sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)

Pengklasifikasian sistem distribusi tenaga listrik menjadi dua ini berdasarkan tingkat tegangan distribusinya.

#### **2.1.1. Sistem Distribusi Primer (Jaringan Tegangan Menengah)**

Tingkat tegangan yang digunakan pada sistem distribusi primer adalah meliputi tegangan 20 kV, oleh karena itu sistem distribusi ini sering disebut dengan sistem distribusi tegangan menengah.

#### **Sistem Distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)**

Tingkat tegangan yang digunakan pada sistem distribusi sekunder adalah tegangan rendah yaitu 127/ 220 Volt atau 220/ 380 Volt, oleh karena itu sistem distribusi ini sering disebut dengan sistem distribusi tegangan rendah.

Sistem jaringan yang digunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik tersebut dapat menggunakan sistem satu fasa dengan dua kawat maupun sistem tiga fasa dengan empat kawat.

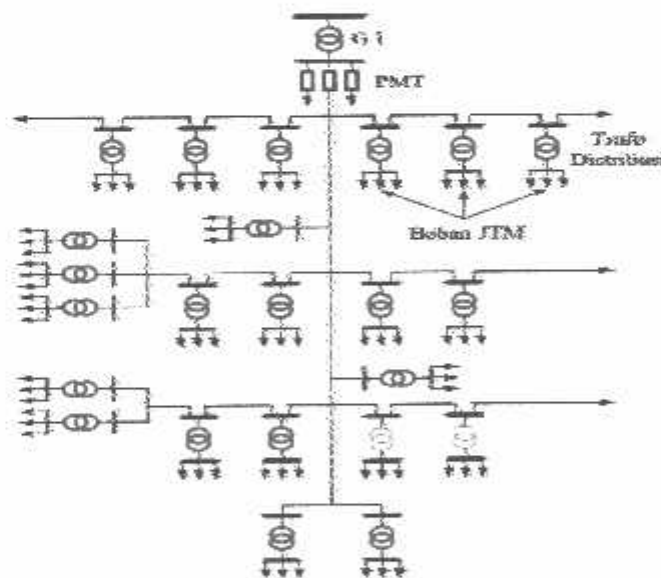
## 2.2. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik<sup>[2]</sup>

Ada beberapa bentuk jaringan yang umum dipergunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik yaitu :

1. Sistem jaringan distribusi radial.
2. Sistem jaringan distribusi rangkaian tertutup (*loop*).
3. Sistem jaringan distribusi *mesh*.

### 2.2.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial<sup>[2]</sup>

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk dasar yang paling banyak digunakan dan yang paling sederhana. Sistem ini dikatakan radial karena dari kenyataan bahwa jaringan ini ditarik secara radial dari gardu induk ke pusat-pusat beban atau konsumen yang dilayaninya. Sistem ini terdiri dari saluran utama (*main feeder*) dan saluran cabang (*lateral*) seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2  
Sistem Jaringan Distribusi Radial<sup>[2]</sup>



Pelayanan tenaga listrik untuk suatu daerah beban tertentu dilaksanakan dengan memasang transformator disebarkan titik pada jaringan yang sedekat mungkin dengan daerah beban yang dilayani. Untuk daerah beban yang menyimpang jauh dari saluran utama maupun saluran cabang, maka akan ditarik lagi saluran tambahan yang dicabangkan pada saluran tersebut.

Kelemahan yang dimiliki oleh sistem radial adalah jatuh tegangan yang cukup besar dan bila terjadi gangguan pada sistem akan mengakibatkan jatuhnya sebagian atau bahkan keseluruhan beban sistem.

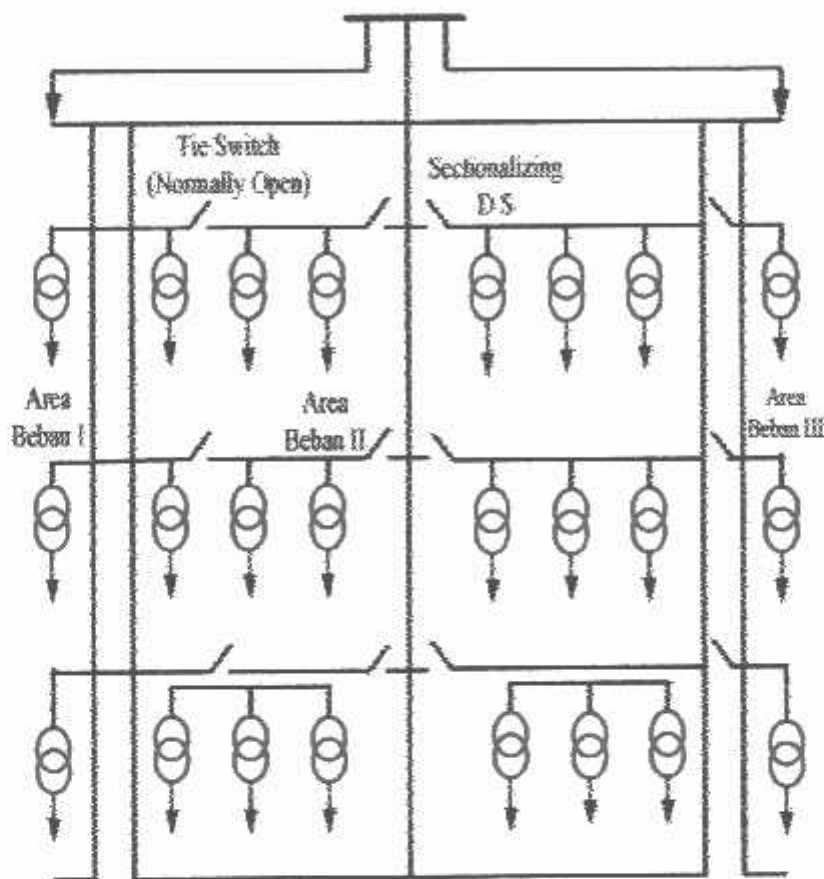
#### **2.2.1.1.Sistem Radial Pohon**

Sistem radial jaringan pohon ini merupakan bentuk yang paling dasar dari sistem jaringan radial. Saluran utama ( *main feeder* ) ditarik dari suatu gardu induk sesuai dengan kebutuhan kemudian dicabangkan melalui saluran cabang ( *lateral feeder* ), selanjutnya dicabangkan lagi melalui saluran anak cabang ( *sub-lateral feeder* ). Ukuran dari masing-masing saluran tergantung dari kerapatan arus yang ada pada sistem. Dari gambar 2.2, *main feeder* merupakan saluran yang dialiri arus terbesar, selanjutnya arus mengecil pada tiap cabang tergantung dari besarnya beban.

#### **2.2.1.2.Sistem Radial dengan Tie dan Switch Pemisah**

Sistem ini merupakan pengembangan dari sistem radial pohon, untuk meningkatkan keandalan sistem saat terjadinya gangguan maka *feeder* yang terganggu akan dilokalisir sedangkan area yang semula dilayani oleh *feeder*

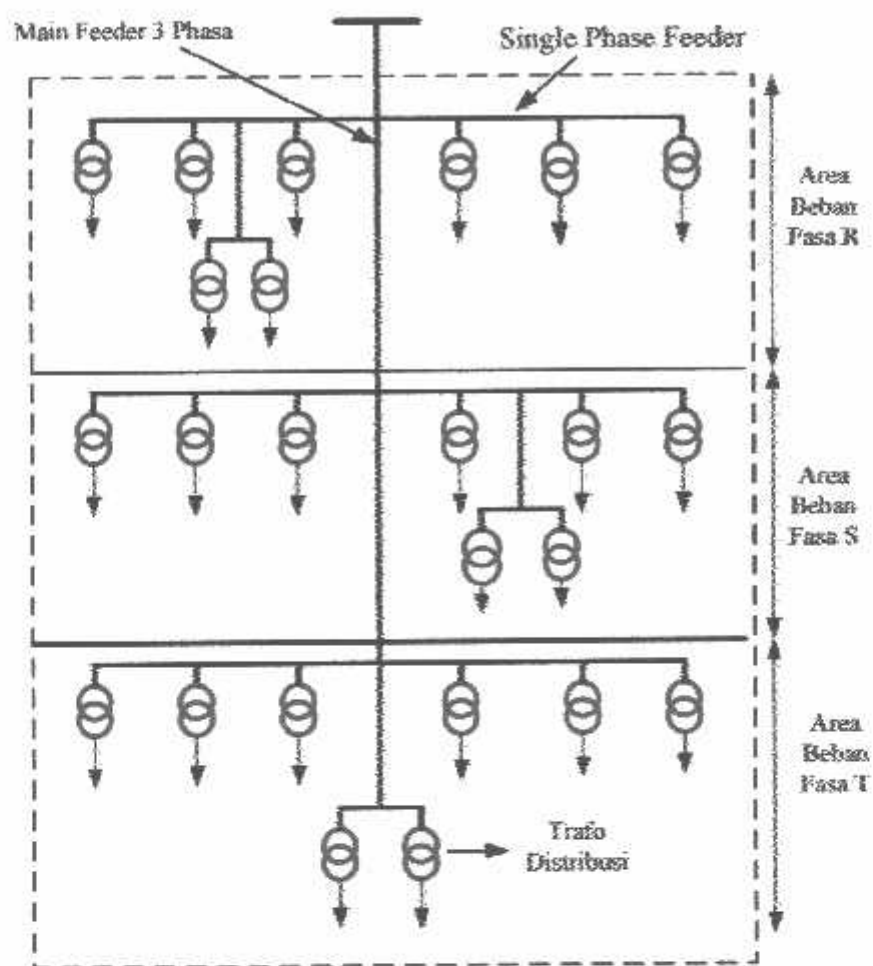
tersebut pelayanannya dialihkan pada *feeder* yang tidak terganggu. Sistem radial dengan *Tie* dan *Switch* pemisah dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3  
Sistem Jaringan Distribusi Radial Dengan *Tie* dan *Switch* Pemisah [2]

2.2.1.3. Sistem Radial dengan Pembagian *Phasa Area*

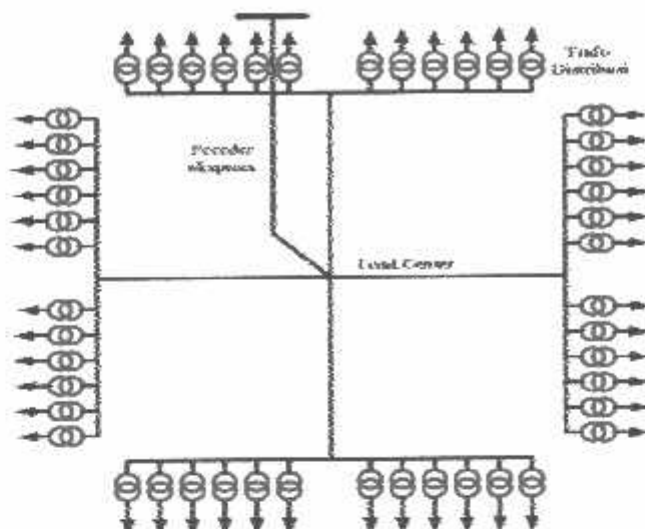
Pada bentuk ini masing-masing fasa dari jaringan bertugas untuk melayani daerah beban yang bertlainan. Bentuk ini akan dapat menimbulkan kondisi sistem tiga fasa yang tidak seimbang (simetris), bila digunakan pada daerah beban yang baru dan belum mantap pembagian bebannya. Contoh dari sistem jaringan ini dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4  
Jaringan Distribusi Radial Dengan Phasa Area<sup>[2]</sup>

#### 2.2.1.4. Sistem Radial Dengan Beban Terpusat

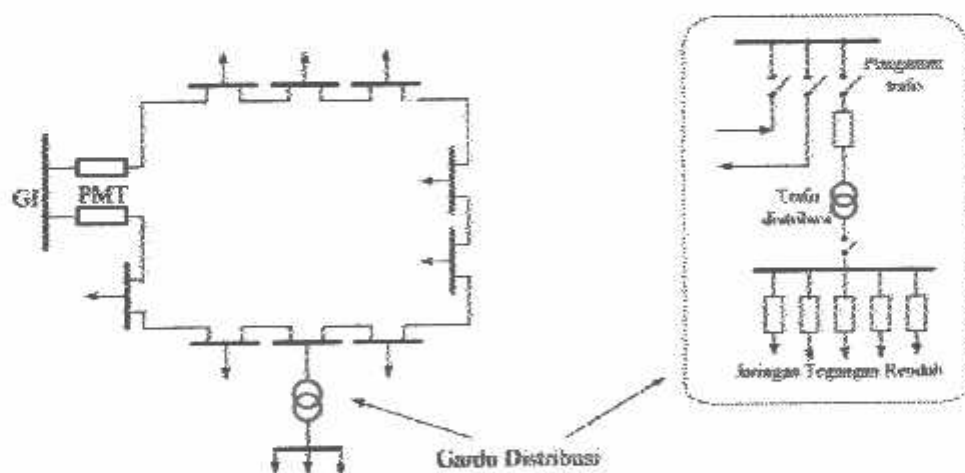
Bentuk dari sistem ini mensuplai daya dengan menggunakan *main feeder* yang disebut *express feeder* langsung ke pusat beban, dan dari titik pusat beban ini dikirim ke beban menggunakan *back feeder* secara radial seperti terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5  
Jaringan Distribusi Radial Dengan Behan Terpusat<sup>[1]</sup>

### 2.2.2. Sistem Jaringan Distribusi Tertutup (*Loop*)

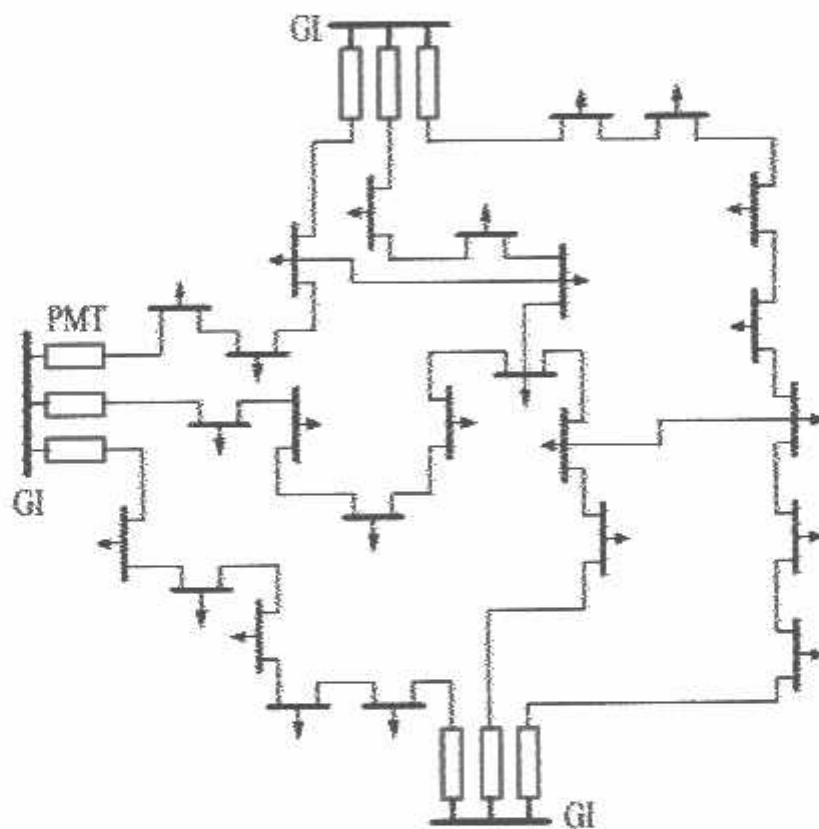
Sistem ini disebut jaringan distribusi *loop* karena saluran primer yang menyalurkan daya sepanjang daerah beban yang dilayani membentuk suatu rangkaian *loop*, seperti terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6  
Sistem Jaringan Distribusi *Loop*<sup>[2]</sup>

### 2.2.3. Sistem Jaringan Distribusi Mesh

Jaringan distribusi *mesh* merupakan jaringan yang strukturnya kompleks, dimana kelangsungan penyediaan dan pelayanannya diutamakan. Struktur jaringan ini umumnya digunakan pada jaringan tegangan rendah yang kepadatan bebannya cukup tinggi.



Gambar 2.7  
Sistem Jaringan Distribusi Mesh [2]

### 2.3. Kualitas Daya Elektrik<sup>[6]</sup>

Dengan semakin tingginya biaya atau tarif listrik, maka tuntutan keandalan kualitas daya listrik menjadi pertimbangan utama. Kualitas daya listrik sangat dipengaruhi oleh penggunaan jenis-jenis beban tertentu, salah satunya pemakaian beban non linier. Dengan adanya pengoperasian beban seperti ini maka akan menghasilkan kualitas tegangan yang buruk dan dampaknya mempengaruhi kualitas daya, sehingga menimbulkan banyak kerugian-kerugian. Untuk mendapatkan kualitas tenaga listrik yang baik, maka perlu dilakukan langkah-langkah perbaikan kualitas daya, yaitu dengan cara melakukan audit *power quality* guna menentukan langkah-langkah serta upaya yang tepat untuk mengurangi kualitas tegangan yang buruk, contohnya dengan menggunakan alat kompensasi Filter Harmonisa dan PFC. Sehingga kerugian dapat diminimalkan agar kualitas tenaga listrik dapat optimal sehingga kontinuitas pelayanan semakin terjaga.

### 2.5. Gangguan Dalam Sistem Tenaga Listrik<sup>[1]</sup>

Pada dasarnya gangguan dalam sistem distribusi tenaga listrik dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu gangguan yang bersifat sementara dan yang bersifat permanen, gangguan yang bersifat sementara atau *temporary* biasanya hanya terjadi dalam waktu yang sebentar, kemudian normal kembali. Sehingga apabila terjadi gangguan sementara maka disebabkan tidak sampai trip pada sistem secara keseluruhan, karena menyangkut kontinuitas pelayanan ke beban.

Secara umum jenis gangguan yang dapat terjadi dapat digolongkan menjadi tiga macam yaitu:

#### a. Gangguan shunt

1. Gangguan tiga fasa (3 $\phi$ )
2. Gangguan *line to line* (L-L)
3. Gangguan *double line to ground* (2L-G)
4. Gangguan *single line to ground* (SL-G)

b. Gangguan seri

1. Gangguan satu saluran terbuka
2. Gangguan dua saluran terbuka
3. Impedansi seri tak seimbang

c. Gangguan simultan, merupakan dua jenis gangguan yang terjadi pada waktu yang bersamaan, berupa:

1. Gangguan shunt dengan gangguan shunt
2. Gangguan shunt dengan gangguan seri
3. Gangguan seri dengan gangguan seri

Dari bermacam-macam gangguan di atas tersebut, gangguan dapat dikelompokkan lagi menjadi dua bagian yaitu:

1. Gangguan hubung singkat simetris

Gangguan hubungan singkat tiga fasa merupakan jenis gangguan hubungan singkat simetris, sedangkan gangguan yang lain merupakan gangguan tidak simetris. Gangguan arus hubung singkat ini menyebabkan timbulnya arus yang sangat besar yang melampaui kapasitas arus yang diijinkan, adapun akibat-akibat yang ditimbulkan dengan adanya gangguan hubung singkat tersebut:

- Rusaknya peralatan-peralatan listrik yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan arus-arus yang besar, arus tidak seimbang maupun tegangan-tegangan rendah.
- Terhentinya kontinuitas pelayanan listrik kepada konsumen apabila gangguan tersebut sampai mengakibatkan terputusnya *circuit* yang biasa disebut dengan pemadaman listrik.

Untuk menganalisa gangguan pada rangkaian tiga fasa seimbang, maka menganalisisnya dapat diselesaikan secara langsung dengan menggunakan rangkaian setara fasa tunggal.

2. Gangguan hubung singkat tak simetris

Hampir semua gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik adalah merupakan gangguan tidak simetri. Gangguan tidak simetri ini terjadi sebagai akibat dari gangguan satu fasa ke tanah, gangguan antar fasa atau gangguan dua fasa ke tanah.

**2.4. Daya Dalam Sistem Tenaga<sup>[7]</sup>**

Dalam sistem tenaga listrik, pembangkit-pembangkit tenaga listrik harus mampu menyediakan tenaga listrik kepada pelanggan sesuai dengan permintaan beban listrik yang ada, dan hal yang harus diperhatikan adalah sistem yang tetap (konstan). Dalam hal ini tegangan dan frekuensi harus tetap konstan karena berhubungan dengan daya.

Daya listrik yang dibangkitkan dikenal dengan istilah :

**2.4.1. Daya Nyata (*Real Power*)<sup>[8]</sup>**

Daya nyata dinyatakan dalam persamaan :

$P = |V| |I| \cos \theta \dots\dots\dots(2.1)$

Daya nyata untuk beban 3 fasa seimbang

$P = \sqrt{3} \left| V_{\text{fase-fase}} \right| \left| I_{\text{fase-fase}} \right| \cos \theta \dots\dots\dots(2.2)$

**2.4.2. Daya Reaktif (*Reactive Power*)<sup>[9]</sup>**

Daya reaktif adalah daya yang timbul karena adanya pembentukan medan magnet pada beban-beban induktif (VAR).

Daya reaktif dinyatakan dalam persamaan :

$Q = |V| |I| \sin \theta \dots\dots\dots(2.3)$

Daya reaktif untuk beban 3 fasa seimbang :

$Q = \sqrt{3} \left| V_{\text{fase-fase}} \right| \left| I_{\text{fase-fase}} \right| \sin \theta \dots\dots\dots(2.4)$



### 2.4.3. Daya Semu (*Apparent Power*) <sup>[5]</sup>

Daya semu dinyatakan dalam persamaan :

$$S = |V| |I| \dots\dots\dots(2.5)$$

Daya semu untuk beban 3 fasa seimbang :

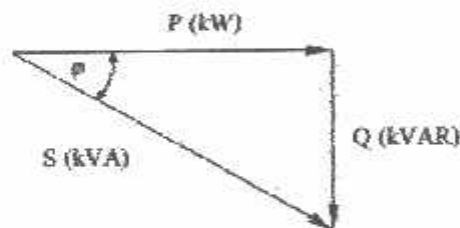
$$S = \sqrt{3} |V| |I| \dots\dots\dots(2.6)$$

- **Power Factor**

Faktor daya pada dasarnya didefinisikan sebagai perbandingan antara daya nyata dan daya semu, dinyatakan oleh persamaan:

$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{Daya Nyata(kW)}}{\text{Daya Semu(kVA)}}$$

Untuk daya sendiri dibentuk oleh dua komponen, daya nyata (P) dan komponen daya reaktif (Q). Hubungan ini dapat digambarkan dalam diagram vektor berikut:



Gambar 2.8  
Segitiga Daya

Dengan Faktor Daya:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{\text{kW}}{\text{kVA}}$$

$$\text{kW} = \text{kVA} \cos \varphi$$

$$\text{kVAR} = \text{kVA} \sin \varphi = \text{kW} \tan \varphi$$

$$\tan \varphi = \frac{\text{kVAR}}{\text{kW}}$$

dengan:

$\cos \phi$  = Faktor Daya

P = Daya Nyata (kW)

S = Daya Semu (kVA)

Q = Daya Reaktif (kVAR)

## 2.6. Faktor Daya <sup>[6]</sup>

Sebagian besar peralatan memerlukan dua komponen arus. Kedua komponen arus tersebut adalah sebagai berikut :

a. Arus yang menghasilkan daya kerja, yaitu arus yang dikonversikan oleh peralatan menjadi kerja, umumnya dalam bentuk panas, cahaya dan daya mekanik. Satuan daya kerja yang dihasilkan adalah Watt.

b. Arus magnetisasi, juga disebut wattless, reaktif, adalah arus yang diperlukan peralatan untuk menghasilkan fluks pada pengoperasian peralatan elektromagnetis. Tanpa arus magnetisasi, energi tidak akan mengalir melalui trafo atau menembus celah udara pada motor induksi, daya reaktif yang dihasilkan diukur dalam satuan VAR.

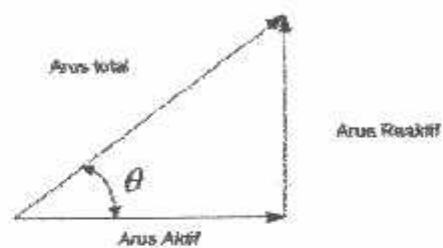
Fasor diagram kedua komponen tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.11 dan 2.12. Gambar ini memperlihatkan penjumlahan secara vektoris dari arus aktif dan arus reaktif yang menghasilkan arus total. Yang dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$I_t (\text{arus total}) = \sqrt{(\text{arus aktif})^2 + (\text{arus reaktif})^2}$$
$$I_t = \sqrt{(I \cos \theta)^2 + (I \sin \theta)^2} \dots \dots \dots (2.7)$$

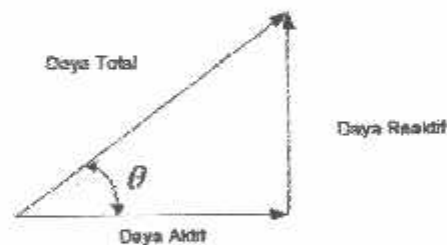
Pada suatu tegangan  $V$ , daya aktif, daya reaktif dan daya total adalah sebanding dengan arus dan dinyatakan sebagai berikut :

$$\text{Daya Total}(VA) = \sqrt{(\text{daya aktif})^2 + (\text{daya reaktif})^2}$$

$$VI = \sqrt{(VI \cos \theta)^2 + (VI \sin \theta)^2} \dots\dots\dots (2.8)$$



Gambar 2.9.  
Fasor arus pada rangkaian ac <sup>[6]</sup>



Gambar 2.10.  
Fasor daya pada rangkaian ac <sup>[6]</sup>

Dalam penghitungan daya, faktor daya memegang peranan yang sangat penting. Faktor daya merupakan ukuran kualitas daya yang dikirim dari sumber menuju beban. Faktor daya bervariasi antara 0 sampai dengan 1. Faktor daya yang baik adalah yang nilainya mendekati satu.

Secara umum faktor daya dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Faktor daya} = \frac{\text{Daya rata - rata}}{(\text{Tegangan rms})(\text{arus rms})} \dots\dots\dots (2.9)$$

atau bisa dirumuskan sebagaimana perumusan berikut.

$$\begin{aligned} \text{Faktor daya (PF)} &= \text{cosinus sudut antara daya aktif dan daya total} \\ &= \cos \theta \end{aligned}$$

$$\text{Faktor daya} = (\text{daya aktif/daya total}) = \text{kW/kVA} \dots\dots\dots (210)$$

## 2.7. Peralatan Elektronika Daya<sup>71</sup>

### 2.7.1. Transistor Bipolar

Transistor bipolar sangat lebih lambat daripada MOSFET. Secara prinsip, hal ini disebabkan oleh waktu gilir mati (*turn-off*) piranti bipolar yang lebih panjang. Kedua adalah resistansi saat kondisi menyambung (*on-state*) piranti bipolar yang relatif tak bergantung (bersifat invarian) terhadap temperatur, dibandingkan dengan adanya nilai koefisien temperatur yang tinggi pada MOSFET. Informasi koefisien temperatur ini merupakan pertimbangan penting dalam perencanaan batas aman thermal pada sistem-sistem yang berdaya tinggi.

### 2.7.2. Metal Oxide Semiconductor FET (MOSFET)

*Power MOSFET* adalah piranti elektronika daya konvensional yang beroperasi pada tegangan tinggi dan rugi konduksi yang rendah. Sebelum adanya kemajuan kinerja *power MOSFET*, gelanggang penyalaklar daya dulunya memang didominasi oleh BJT (*bipolar junction transistor*), dan SCR yang sulit untuk dimatikan (*turn-off*) dan lambat. MOSFET merupakan piranti elektronik yang dikendalikan oleh tegangannya, dengan kebutuhan akan daya pengemudi yang relatif kecil saja. Sementara itu, pada transistor bipolar yang sifatnya dikendalikan oleh arus, ia memerlukan pengemudi dengan daya yang relatif lebih besar.

Dalam hal kapasitansi masukan, untuk MOSFET, bergantung pada ratingnya (kemampuan arusnya). Kapasitansi ini dapat menjadi demikian besar, sehingga rangkaian pengemudinya dituntut memiliki kemampuan untuk mengisi dan membuang dengan cepat muatan kapasitansi yang besar ini. Rugi penyalakan (*switching losses*) dari piranti ini sangat kecil, hal ini menandakan bahwa MOSFET memiliki transisi saat menyambung (*turn-on*) dan memutus (*turn-off*) sangat cepat.

### 2.7.3. *Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT)*

IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*), merupakan piranti atau komponen aktif pokok yang kini banyak digunakan dalam bidang Elektronika Daya; seperti UPS (*Uninterruptible Power Supply*), dan sistem pengendali daya atau motor-motor besar di bidang industri.

Adanya suatu kendala tentang kecepatan respon penyalakan (*Switching Devices*) antara lain sulit untuk dimatikan (*turn-off*) dan lambat. Maka dalam hal ini dipilih IGBT yang memiliki kemampuan lebih baik.

### 2.7.4. *Perbandingan Umum Antara Kinerja MOSFET dan IGBT*

Perbandingan kinerja penyalakan MOSFET dan IGBT secara singkat dinyatakan dalam Tabel 2.1. Untuk tujuan komparasi, Tabel 2.1 tersebut juga menyertakan pula perbandingannya dengan transistor bipolar. Besaran tegangan kolektor-emitor dalam kondisi menyambung atau jenuh ( $V_{CEsat}$ ) yang biasa digunakan untuk menggambarkan karakter suatu IGBT, dalam Tabel 2.1. tersebut ditranslasikan ke dalam besaran resistansi kolektor-emitor dalam kondisi menyambung ( $R_{on}$ ).

Tabel 2.1.  
Perbandingan tiga piranti penyalaklar daya untuk kemampuan (rating) yang setara

Karakteristik	MOSFET	IGBT	Bipolar
Kemampuan arus (A)	20	20	20
Kemampuan tegangan (V)	500	600	500
$R_{on}$ (ohm) Pada 25° C	0,2	0,24	0,18
$R_{on}$ (ohm) Pada 150° C	0,6	0,23	0,24
Waktu turun (nanodetik)	40	200	200

Dua fakta yang bersumber pada Tabel 2.1 tersebut adalah bahwa; pertama, transistor bipolar sangat lebih lambat daripada MOSFET. Secara prinsip, hal ini disebabkan oleh waktu gulir mati (*turn-off*) piranti bipolar yang lebih panjang. Kedua adalah resistansi saat kondisi menyambung (*on-state*) piranti bipolar yang relatif tak bergantung (bersifat invarian) terhadap temperatur, dibandingkan dengan adanya nilai koefisien temperatur yang tinggi pada MOSFET. Informasi koefisien temperatur ini merupakan pertimbangan penting dalam perencanaan batas aman thermal pada sistem-sistem yang berdaya tinggi.

Tabel 2.2 menyatakan perbandingan yang lebih umum mengenai karakteristik penyalaklarannya. Disebabkan oleh struktur masukan gate-nya, MOSFET dan IGBT merupakan piranti elektronik yang dikendalikan oleh tegangan, dengan kebutuhan akan daya pengemudi yang relatif kecil saja. Sementara itu, pada transistor bipolar yang sifatnya dikendalikan oleh arus, ia memerlukan pengemudi dengan daya yang relatif lebih besar.

Dalam hal kapasitansi masukan, untuk MOSFET dan IGBT, bergantung pada ratingnya (kemampuan arusnya). Kapasitansi ini dapat menjadi demikian besar, sehingga rangkaian pengemudinya dituntut memiliki kemampuan untuk mengisi dan membuang dengan cepat muatan kapasitansi yang besar ini.

IGBT tampaknya memang menawarkan rating kemampuan arus yang lebih baik. Namun demikian, kekurangan dan kelebihan masing-masing piranti yang tercantum pada Tabel 2.2 tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk memilih salah satu di antara ketiganya.

Tabel 2.2  
Perbandingan Karakteristik Piranti Penyalaklar Daya

Karakteristik	MOSFET	IGBT	Bipolar
Tipe pengemudi	Tegangan	Tegangan	Arus
Daya pengemudi	minimum	Minimum	Besar
Tingkat kerumitan pengemudi	Sederhana	Sederhana	Cukup atau sedang
Kemampuan arus pada nilai tegangan drop di ujung-ujung terminal piranti	Tinggi pada teg. rendah, rendah pada teg. tinggi	Sangat tinggi (terpengaruh oleh kecepatan penyalaklaran)	Cukup (sangat terpengaruh oleh kecepatan penyalaklaran)
Rugi penyalaklaran	Sangat rendah	Rendah sampai sedang (dipengaruhi oleh rugi konduksi)	Sedang sampai tinggi (dipengaruhi oleh rugi konduksi)

Untuk mempertahankan nilai resistansi yang tetap rendah, pembuat IGBT membuat kemampuan arus yang lebih rendah untuk tipe yang lebih cepat. Sebagai contoh, Perusahaan *International Rectifier* (IR) di pasaran menawarkan tiga tipe IGBT, yakni tipe standar, cepat dan ultra cepat. IR mendeskripsikan kemampuan arus dengan perbandingan terbaik terhadap kecepatan penyalaklarannya. Parameter terakhir dalam Tabel 2.2 tersebut adalah rugi penyalaklaran (*switching losses*), yang mencerminkan kecepatan penyalaklaran dari ketiga piranti elektronik tersebut. Untuk MOSFET, baik transisi saat menyambung (*turn-on*) dan memutus (*turn-off*) sangat cepat. Sedang untuk IGBT, kita dihadapkan pada kenyataan bahwa ada pertimbangan dalam hal kecepatan penyalaklaran versus kemampuan arus, jenis yang lebih cepat akan mengalami rugi konduksi yang lebih tinggi.

Waktu penyalaklaran pada IGBT sebagian besar didominasi oleh waktu saat menyambung, sehingga secara garis besar membatasi penggunaannya dalam

sistem yang beroperasi pada laju penyaklaran yang lebih rendah daripada 100 kHz.

Tabel 2.3  
Perbandingan tegangan drop dan rating tegangan antara IGBT dan MOSFET

Rating Tegangan (Volt)	IGBT	100	300	600	1200
	MOSFET	100	250	500	1000
Tegangan drop untuk 1,7 ampere per mm <sup>2</sup> pada temperatur 100°C (Volt)	IGBT	1,5	2,1	2,4	3,1
	MOSFET	2,0	11,2	26,7	100

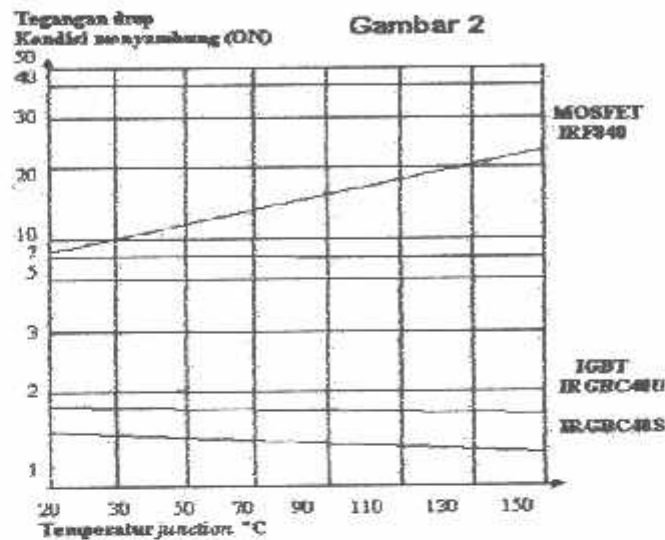
Tabel diatas menunjukkan perbandingan IGBT dengan MOSFET dalam hal rugi konduksi yang dinyatakan dalam bentuk tegangan drop (tegangan yang terdapat pada kedua ujung terminalnya saat piranti tersebut dalam keadaan menyambung) untuk kondisi kemampuan arus pada luasan (area) piranti maupun temperatur yang sama. Pada MOSFET, untuk kemampuan arus yang sama per satuan luasan silikon, resistansi dalam kondisi menyambung naik secara eksponensial terhadap rating tegangannya. Sementara itu, untuk piranti IGBT (yang dinyatakan dalam besaran tegangan kolektor-emitor jenuh ketimbang

resistansi dalam kondisi menyambung) lebih mampu mempertahankan rugi konduksi yang rendah untuk semua rating tegangan. Dari Tabel 2.3 tersebut juga dapat diketahui bahwa MOSFET memiliki rating tegangan yang sedikit lebih rendah daripada IGBT.

Perbandingan MOSFET dan IGBT untuk luasan die (irisaa tipis bahan semikonduktor yang dipakai untuk membuat transistor atau piranti semikonduktor lainnya) yang sama, secara grafis dinyatakan dalam Grafik 2.4. Pada grafik tersebut, jelas tampak bahwa IGBT memiliki rugi pada kondisi menyambung lebih rendah. Grafik tersebut menunjukkan tegangan drop dalam kondisi menyambung untuk sebuah MOSFET dan dua IGBT hasil produksi IR untuk arus beban 10 ampere. Piranti yang memiliki rugi yang paling rendah dalam gambar tersebut adalah IRGBC40S, yakni IGBT tipe standar. Tipe ultra cepatnya,



IRGBC40U menawarkan penyakelaran yang lebih cepat, namun rugi dalam kondisi menyambung juga lebih tinggi.



Grafik 2.11

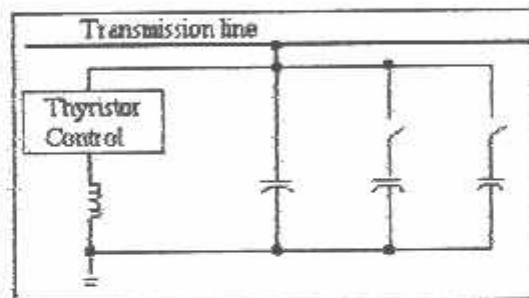
Tegangan drop kondisi menyambung untuk sebuah MOSFET dan dua IGBT

## 2.8. PERKEMBANGAN TEKNOLOGI TELAH MENGALAMI DUA GENERASI MENGHASILKAN LIMA JENIS PERALATAN

### 2.8.1 *Static VAR Compensator (SVC)*<sup>[8]</sup>

Perkembangan teknologi FACTS telah mengalami dua generasi. Generasi pertama menghasilkan dua jenis peralatan. Alat pertama diberi nama *Static Var Compensator (SVC)* yang sudah diimplementasikan pada jaringan transmisi listrik semenjak pertengahan tahun 70-an. SVC berfungsi sebagai pemelihara kestabilan kondisi *steady state* dan dinamika tegangan dalam batasan yang sudah ditentukan pada jaringan transmisi berjarak jauh dan berbeban tinggi (*heavily loaded*). Fungsi

SVC diperoleh dengan menggunakan thyristor yang secara cepat dapat menghubungkan atau memutuskan induktor ataupun kapasitor pada jaringan transmisi. Namun kekurangannya, alat ini tidak dapat dipergunakan sebagai alat pengendali aliran daya listrik aktif (*active power*) yang sangat vital dalam sistem jaringan transmisi listrik AC. Lain dari itu, SVC juga didapati sangat rendah efisiensinya jika terjadi turunnya tegangan dari transmisi secara drastis. Demonstrasi pertama pemasangan SVC dilaksanakan tahun 1978 pada jaringan transmisi 115kV Minnesota Power & Light dan telah berhasil menunjukkan perbaikan kendali stabilisasi dan tegangan pada jaringan transmisi tersebut. Gambar 2.14 menunjukkan contoh dari topologi SVC.



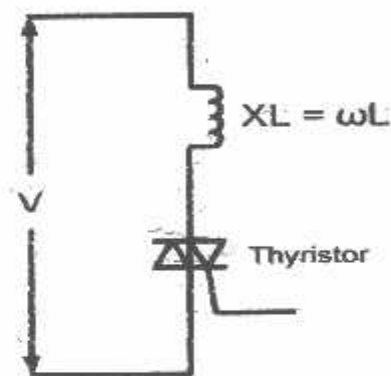
Gambar 2.12  
Static VAR Compensator

*Static VAR Compensator* ( SVC ) merupakan komponen penting dalam pengontrolan tegangan pada sistem daya, *Static VAR Compensator* ( SVC ) merupakan pembangkit atau penyerap statis daya reaktif yang terhubung shunt dimana keluarannya bervariasi, sehingga dapat mengatur parameter spesifik dari *power system*. Kata statis menunjukkan bahwa SVC tidak seperti kapasitor sinkron, dengan demikian SVC terdiri dari peralatan penyerap dan peralatan pengontrol yang sesuai. Berikut ini adalah jenis elemen dasar pengatur daya reaktif jenis SVC,

yaitu :

#### 2.8.1.1. *Thyristor-Controlled Reactor ( TCR )*

Rangkaian dasar dari TCR adalah sebuah reactor yang dihubungkan seri dengan *thyristor*, adalah suseptansi yang dapat dikontrol. Prinsip pengontrolan nilai suscep tansi ini dikenal sebagai pengontrol fasa, seperti diperhatikan pada gambar berikut :

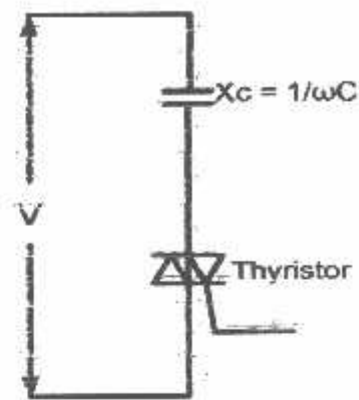


Gambar 2.13

Rangkaian Dasar *Thyristor Controlled Reactor (TCR)*

#### 2.8.1.2. *Thyristor Switched Capacitor (TSC)*

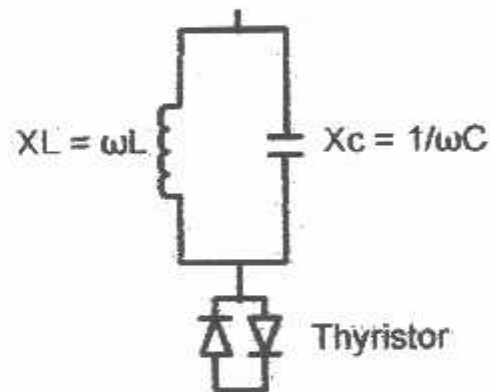
Rangkaian dasar dari TSC adalah sebuah kapasitor yang dihubungkan seri dengan *thyristor*, sehingga TSC adalah suseptansi kapasitif yang dapat di kontrol. Prinsip pengontrolan nilai suseptansi ini dikenal sebagai pengontrol fasa, seperti diperlihatkan pada gambar berikut :



Gambar 2.14

#### Rangkaian Dasar *Thyristor-Switched Capacitor* (TSC)

Penggabungan antara *Thyristor Controlled Reactor* (TCR) dan *Thyristor-Switched Capacitor* (TSC) adalah jenis Static VAR Compensator (SVC) ideal, seperti pada gambar berikut :



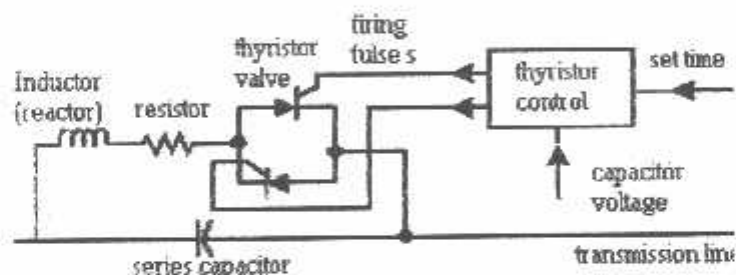
Gambar 2.15

#### Rangkaian Dasar *Static VAR Compensator*

### 2.8.2 NGH – *Sub Synchronous Resonance* (SSR)<sup>[9]</sup>

Alat berikutnya yang dikembangkan pada generasi pertama diberi nama NGH-SSR (*Narain G. Hingorani – SubSynchronous Resonance*) Damper. Alat ini

dirancang untuk mengatasi permasalahan subsynchronous resonance (SSR) yang ditemukan pada jaringan transmisi listrik AC. Jaringan transmisi 500kV Southern California Edison dijadikan tempat pemasangan pertama dari alat ini pada tahun 1980-an setelah SSR mengakibatkan kerusakan fatal pada salah satu generatornya. NGH-SSR seperti yang ditunjukkan gambar 2.15 juga terdiri dari thyristor yang dihubungkan dengan induktor dan tahanan secara seri. Alat inilah yang kemudian menjadi cikal bakal dari salah satu alat yang dikembangkan dalam generasi kedua FACTS yaitu alat yang dikenal dengan nama Thyristor Controlled Series Capacitor (TCSC).

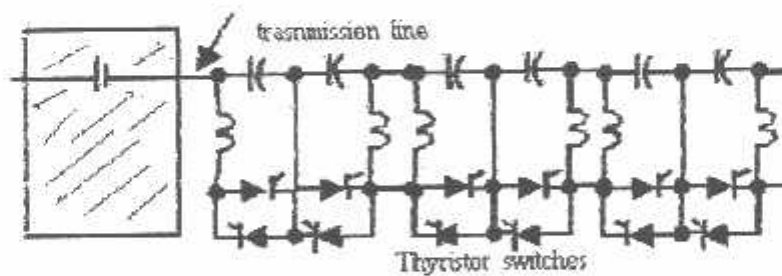


Gambar 2.16  
NGH - SubSynchronous Resonance

### 2.8.3 Thyristor Controlled Series Capacitor (TCSC)<sup>[9]</sup>

Semakin berkembangnya teknologi dibidang pembuatan Thyristor mendorong terciptanya generasi kedua dari FACTS. Pada generasi kedua beberapa peralatan FACTS baru telah dikembangkan. Pertama adalah alat yang diberi nama *Thyristor Controlled Series Capacitor (TCSC)* yang berfungsi sebagai pengendali impedansi dari jaringan transmisi. Seperti diketahui, impedansi sepanjang jaringan transmisi umumnya bersifat induktif sedangkan yang bersifat resistif hanya berkisar 5 sampai 10 persen. Ini berarti akan terasa

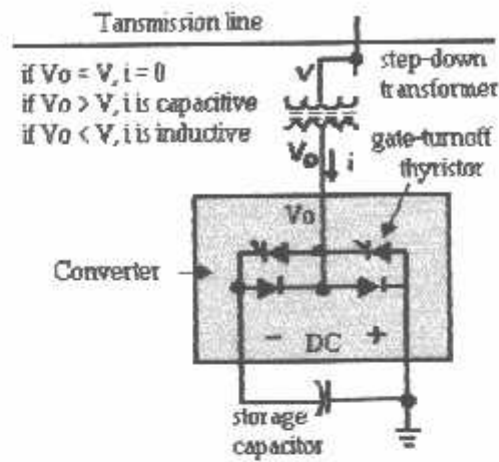
sangat besar manfaatnya apabila kita mampu mengendalikan impedansi transmisi yang bersifat induktif pada kondisi stabil (*steady state impedance*). Hal ini dapat ditempuh dengan cara penambahan kapasitor dan induktor secara seri. Penghubungan kapasitor secara seri akan berakibat pengurangan impedansi pada transmisi sedangkan penghubungan induktor secara seri akan berarti kenaikan impedansi pada transmisi yang sama. Gambar 2.16 menunjukkan contoh dari TCSC yang telah dipasang pada jaringan transmisi 500kV milik Bonneville Power Administration (BPA) di negara bagian Oregon. Studi kasus pemasangan TCSC yang telah dilaksanakan oleh Electric Power Research Institute (EPRI) pada satu jaringan transmisi menunjukkan bahwa TCSC berhasil meningkatkan kuantitas aliran daya (dalam MW) sebanyak 30% dengan sekaligus menjaga stabilitas sistem jaringan transmisi tersebut. Hal ini yang mengakibatkan pemasangan TCSC, menurut studi kasus pada jaringan transmisi tersebut, akan memberikan keuntungan sebesar kurang lebih \$68 juta US dolar setiap tahunnya.



Gambar 2.17 <sup>10</sup>  
Thyristor Controlled Series Capacitor (TCSC)

#### 2.8.4 *Static Condenser (STATCON)*

Alat yang kedua diberi nama *Static Condenser (STATCON)* dan berfungsi sebagai penyedia Volt Amp Reactive (VAR) untuk menjaga kestabilan tegangan pada jaringan transmisi yang panjang dan berbeban tinggi (*heavily loaded*). Pada akhirnya nanti, STATCON diharapkan untuk dapat menggantikan pemakaian alat *Rotating Synchronous Condensers* yang kini umum dipasang. STATCON adalah alat FACTS pertama yang menggunakan tipe thyristor berbeda dari peralatan FACTS sebelumnya. Jenis thyristor yang dipakai adalah jenis GTO (*Gate Turned-Off*). Pada dasarnya, STATCON adalah alat yang berbasis inverter tiga fasa yang dihasilkan oleh tegangan satu arah (dc) dari kapasitor seperti yang diilustrasikan oleh Gambar 2.15. Pada gambar tersebut, jika tegangan  $V_0$  lebih tinggi (atau lebih rendah) dari pada tegangan sistim transmisi  $V$ , maka selisih sudut fasa dari kedua tegangan tersebut akan menentukan jumlah arus listrik yang mengalir serta arus listrik akan menjadi lead (atau lag). Dengan jalan demikian, maka daya reaktif beserta arahnya pada sistim transmisi akan dapat dikendalikan secara cepat dan berkelanjutan (*continuous*). Dua contoh studi kasus pemasangan STATCON di Amerika Serikat telah dilaksanakan dengan hasil yang memuaskan. Percobaan pertama adalah pemasangan 1 Mvar STATCON pada jaringan transmisi milik Orange & Rockland Utilities Inc. di negara bagian New York pada tahun 1989. Sedangkan studi kasus berikutnya adalah pemasangan 100-Mvar STATCON pada tahun 1995 di jaringan transmisi Sullivan milik Tennessee Valley Authority (TVA) di negara bagian Tennessee.

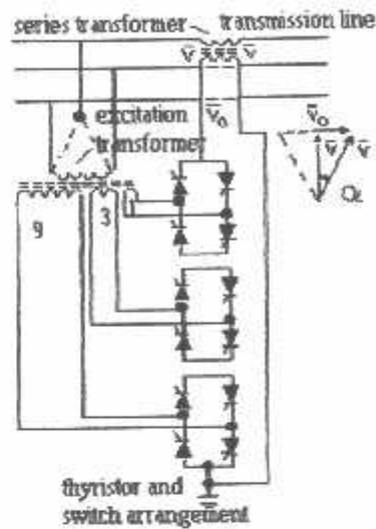


Gambar 2.18  
Static Condenser (STATCON)

### 2.8.5 Thyristor Controlled Phase Angle Regulator (TCPR)<sup>[9]</sup>

Selanjutnya adalah alat FACTS yang disebut TCPR kependekan dari *Thyristor Controlled Phase angle Regulator*. Fungsi dari alat ini tidak lain adalah sebagai pengendali selisih sudut fasa pada tegangan dari kedua ujung jaringan transmisi yang sama. Fungsi tersebut dimungkinkan dengan cara penyuntikan tegangan secara seri pada jaringan transmisi listrik. Gambar 2.18 menunjukkan konsep dari TCPR ini. Penambahan sudut fasa pada tegangan transmisi  $V$  dicapai dengan cara menambahkan tegangan  $V_q$  yang tegak lurus terhadap  $V$ . Tegangan  $V_q$  sendiri dihasilkan dari tegangan sekunder dari transformer yang dihubungkan kedua fasa dari sistem transmisi tiga fasa ini. Percobaan pemasangan TCPR telah dilaksanakan dengan sukses diberbagai lokasi jaringan transmisi di Amerika Serikat. Salah satu contoh adalah pemasangan TCPR di jaringan transmisi 230kV milik Minnesota Power yang telah terbukti mampu menghasilkan selisih sudut fasa dengan sangat cepat.



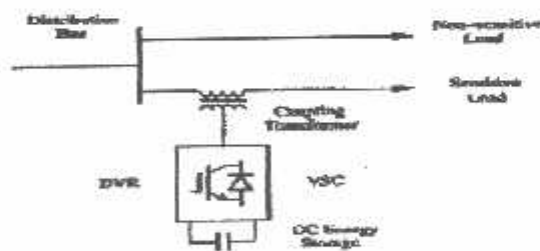


Gambar 2.19<sup>[9]</sup>  
Thyristor Controlled Phase angle Regulator (TCPR)

## 2.8.6 Dynamic Voltage Restorer (DVR) dan Distribution Static Compensator (D-STATCOM)<sup>[9]</sup>

### 2.8.6.1 MODEL DVR

Dynamic Voltage Restorer merupakan pengontrol yang biasanya digunakan untuk meminimalisasikan *Voltage Sag*. DVR biasanya bekerja pada bagian yang sama dengan D-STATCOM dimana trafo penghubung dihubungkan secara seri dengan sistem arus bolak-balik seperti yang terlihat pada gambar 2.19

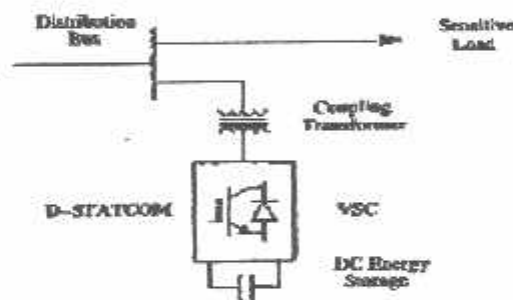


Gambar 2.20  
Diagram blok fungsional untuk DVR

VSC menghasilkan suatu output tegangan arus bolak-balik tiga fasa yang dikontrol pada fasa dan besarnya. Tegangan diberikan ke dalam sistem distribusi arus bolak-balik untuk menjaga tegangan beban sesuai dengan yang diinginkan.

#### 2.8.6.2. MODEL D-STATCOM

Bentuk umum dari *Distribution Static Compensator* terdiri dari suatu gabungan dua level VSC, suatu sumber DC dan trafo penggabungan yang dihubungkan secara *shunt* dengan sistem arus bolak-balik dan unit kontrol yang terhubung. Bentuknya dapat dirancang lebih canggih menggunakan *multipulse* atau konfigurasi *multilevel*.



Gambar 2.21  
Diagram blok fungsional D-STATCOM

Pada gambar 2.20 menunjukkan diagram blok fungsional D-STATCOM, dimana VSC mengkonversi tegangan DC melewati peralatan sampai ke dalam satu keluaran arus bolak-balik tiga fasa. Tegangan ini digabungkan dengan sistem arus bolak-balik melalui reaktansi trafo penggabungan. Penyesuaian terhadap keluaran tegangan D-STATCOM memberikan kontrol yang efektif terhadap daya

aktif dan daya reaktif dari D-TATCOM dan sistem arus bolak-balik. VSC yang dihubungkan secara *shunt* dengan sistem arus bolak-balik memberikan kontribusi:

1. Mengkompensasi rugi-rugi dari daya reaktif.
2. Memberikan koreksi terhadap faktor daya.

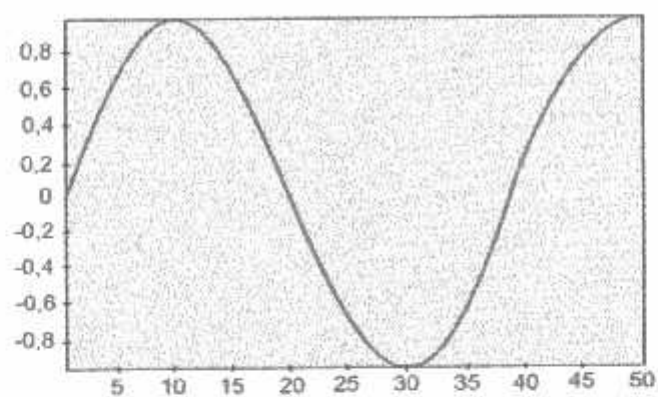
D-STATCOM di sini digunakan untuk meregulasi tegangan yang ada pada titik penyaluran beban.

**BAB III**  
**ANALISA PEMASANGAN *FILTER HARMONIK* DAN *SVC* ( *Static Var Compensator* ) UNTUK PERBAIKAN *PROFILE* TEGANGAN DAN FAKTOR DAYA**

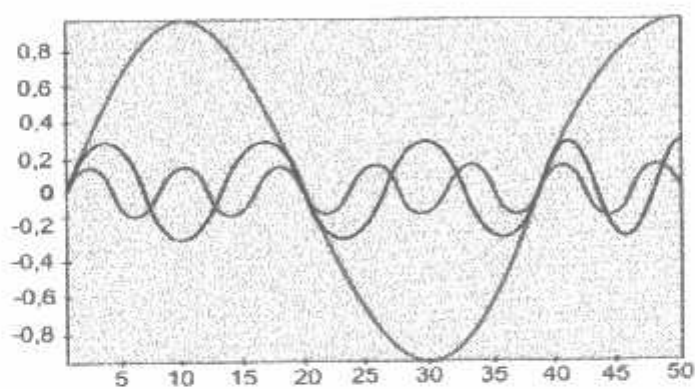
**3.1. TEORI DASAR HARMONISA<sup>(4)</sup>**

Harmonisa adalah gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan. Pada dasarnya, harmonisa adalah gejala pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya.

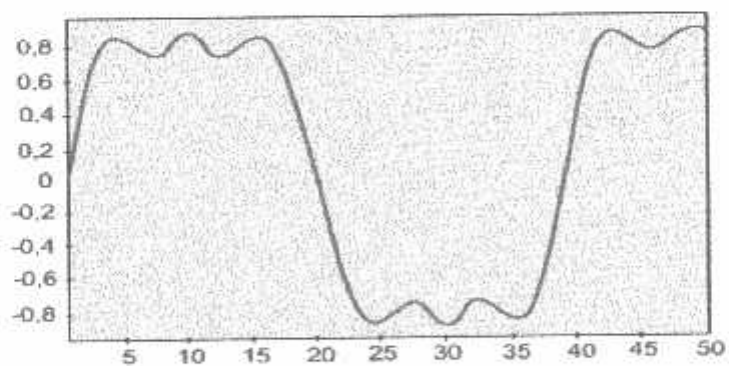
Hal ini disebut frekuensi harmonik yang timbul pada bentuk gelombang aslinya seperti pada gambar 3.1a sedangkan bilangan bulat pengali frekuensi dasar disebut angka urutan harmonik. Misalnya, frekuensi dasar suatu sistem tenaga listrik adalah 50 Hz, maka harmonik keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100 Hz, harmonik ketiga adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 150 Hz dan seterusnya. Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang aslinya seperti pada gambar 3.1b sehingga terbentuk gelombang cacat yang merupakan jumlah resultan antara gelombang murni sesaat dengan gelombang harmonisanya seperti tampak pada gambar 3.1c.



**Grafik 3.1a**  
Bentuk Gelombang Frekuensi Dasar <sup>[4]</sup>



**Grafik 3.1b**  
Bentuk Gelombang Frekuensi Dasar Dan Frekuensi Harmonisa <sup>[4]</sup>



**Grafik 3.1c**  
Bentuk Gelombang Resultan dari Frekuensi Dasar dan Harmonisnya <sup>[4]</sup>

### 3.2. SUMBER HARMONISA<sup>[4]</sup>

#### 3.2.1. Konverter

Kebanyakan beban yang menimbulkan cacat gelombang (*deforming loads*) adalah beban-beban yang mengandung konverter (*static converter*). Beberapa contoh yang umum antara lain :

- a. Lampu *flourescent*, dimmer.
- b. Komputer.
- c. Perangkat elektronik untuk rumah tangga (TV, *microwave*, pemanas).
- d. *Variable speed drive* (VSD).
- e. *Charger* baterai.
- f. *Uninterruptible Power Supply* (UPS).

#### 3.2.2. Tanur Busur Listrik (*Electric Arc Furnace*)<sup>[4]</sup>

Tanur busur listrik berfungsi untuk melebur biji besi dalam industri logam. Tanur busur listrik adalah elemen beban yang tidak linier dan inilah yang menyebabkan timbulnya arus harmonisa yang cukup besar pada jaringan yang terhubung dengan tanur busur listrik.

Penggunaan tanur busur listrik sering kali menimbulkan gangguan terhadap jaringan. Gangguan tersebut antara lain :

- a. Distorsi harmonisa.
- b. Kedip tegangan (*flicker*).
- c. Goncangan frekuensi.
- d. Ketidakseimbangan tegangan.

Busur listrik yang terjadi selama tanur busur listrik beroperasi hampir selalu tidak dalam keadaan stabil. Hal ini disebabkan oleh pengaruh perubahan elektroda, interaksi gaya elektromagnetik busur dan pengaruh riak permukaan biji yang telah melebur.

### **3.2.3. Transformator**

*Saturable devices*, seperti transformator dan peralatan elektromagnetik lainnya dengan inti besi (*steel*), termasuk juga motor-motor (mesin-mesin berputar) juga termasuk sumber harmonisa. Harmonisa dibangkitkan oleh karakteristik magnetisasi besi yang non-linier.

Distorsi bentuk gelombang terutama disebabkan oleh harmonisa ketiga. Untuk menjaga tegangan suplai agar berbentuk sinusoidal diperlukan jalur khusus untuk arus harmonisa ketiga dan biasanya didapat dengan menggunakan belitan hubungan delta. Untuk alasan ekonomis, transformator biasanya dirancang dengan memakai bahan inti yang memiliki sifat-sifat magnetis yang baik.

### **3.2.4. Mesin-Mesin Berputar**

Generator sinkron dan motor induksi secara umum menghasilkan sejumlah harmonisa. Pada generator sinkron, harmonisa disebabkan oleh kejenuhan dan distribusi fluks yang tidak sinusoidal. Sehingga terbangkit yang tidak sinusoidal yang akan menghasilkan arus harmonisa bila di bebani.

### **3.2.5. Pengaruh Harmonisa Pada Komponen Peralatan Listrik**

Harmonisa yang lebih banyak disebabkan karena adanya beban yang non linier ini membuat gangguan yang cukup besar kepada peralatan distribusi listrik. Beberapa komponen yang terpengaruhi oleh harmonisa, antara lain:

- *Konduktor*

*Konduktor* merupakan media yang dipakai untuk mentransferkan energi listrik. Arus harmonisa dapat menyebabkan rugi-rugi pada kawat penghantar bertambah. Hal ini dikarenakan pada *konduktor* terdapat impedansi hambatan, yang meningkatkan arus. Arus harmonisa yang mengalir tersebutlah yang menyebabkan panas. Panas tersebut semakin lama akan mengurangi daya hantarnya. Sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan rugi-rugi daya dan menurunkan efisiensi.

- *Transformer*

Pada *transformer*, yang mengalami kerugian daya adalah pada kumparan primer, kumparan sekundernya dan inti besi (*ferromagnetic losses*). Telah diketahui bahwa arus harmonisa menambah kerugian daya pada penghantar yang berbentuk panas. Pada transformator berlaku sistem penginduksian, dimana bila arus berharmonisa mengalir, maka fluks magnetik pada kumparan transformatornya akan menghasilkan rugi-rugi histerisis dan *Eddy Current*. Rugi histerisis besarnya proporsional dengan harga frekuensinya dan rugi *Eddy Current*-nya proporsional dengan kuadrat frekuensinya. Gabungan dari rugi-rugi tembaga dan inti besi akan menyebabkan transformator menjadi *overheating*. Dan pada akhirnya panas tersebut akan menurunkan kekuatan isolasi. Pada transformator yang digunakan oleh PLN hubungan primer sekundernya menggunakan delta-star, karena memiliki keuntungan dapat mencegah harmonisa pada hubungan deltanya (primer) masuk pada hubungan star (sekunder). Sehingga harmonisa tidak sampai masuk ke jaringan sekunder pada trafo tersebut.

- *Circuit breaker*

Pada *circuit breaker* konvensional menggunakan panas untuk membuat kawat didalam circuit breaker tersebut menjadi panas dan pada akhirnya akan



putus. Arus harmonisa yang melewati circuit breaker tersebut masih dapat diamankan oleh circuit breaker yang konvensional ini. Hal ini dikarenakan panas yang terjadi karena arus harmonisa tersebut sama dengan panas yang timbul pada peralatan yang diproteksi tersebut. Namun sebagai sarana penyediaan koordinasi pengamanan yang lebih baik, telah dikembangkan peralatan circuit breaker yang lebih baik. Dimana circuit breaker tersebut dioperasikan secara elektronik sehingga mampu mendeteksi level arus yang secara otomatis akan memutus arus apabila arus rms terlalu tinggi.

### 3.2.6. Pengaruh Harmonisa Pada Motor <sup>[5]</sup>

Harmonisa pada tegangan dan arus memberikan tambahan kerugian energi kumparan stator, rotor, dan juga pada inti besi rotor maupun statornya. Macam-macam pengaruh harmonisa pada motor yang muncul adalah:

- *Rugi-rugi arus bocor*

Kerugian atau *losses* arus bocor yang di alami pada kumparan stator dan rotor jauh lebih besar dibanding yang disebabkan *eddy current* dan *skin effect*. Hal ini disebabkan oleh arus harmonisa memperbesar arus bocor yang telah terjadi di stator dan rotor. Stator difungsikan untuk menginduksi tegangan dan rotor menimbulkan arus pada slot-slotnya.

- *Rugi-rugi besi dan tembaga*

Fluks yang timbul dari penginduksian tegangan dan stator yang kemudian timbul arus yang ada di slot-slot rotor dapat menimbulkan gerak relatif putar. Perubahan fluks yang terjadi pada rotor dan stator akan menimbulkan frekuensi harmonisa yang tinggi yang akan menghasilkan rugi-rugi besi dan tembaga pada stator dan rotor tersebut.

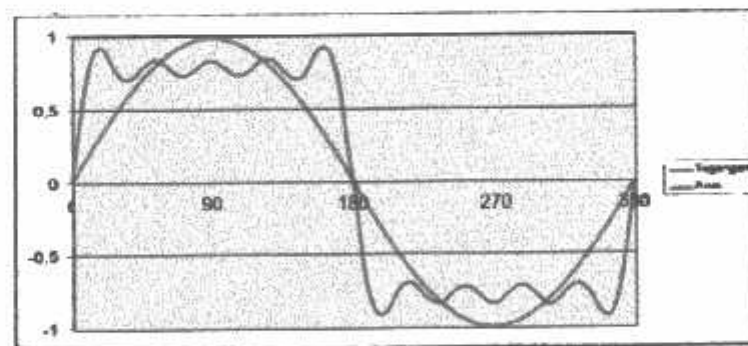
- *Beda fasa*

Selain itu, motor induksi yang biasa disebut dengan motor asinkron merupakan motor yang kecepatan putarnya tidak sesuai atau tidak sama dengan medan putar dan stator. Melihat kenyataan ini, maka akan timbul beda fasa antara tegangan dan arus. Karena motor induksi ini termasuk beban induktif maka arus yang mengalir tertinggal dengan tegangannya. Apabila sumber yang menyuplai motor mengandung harmonisa maka beda fasa yang terjadi pada motor induksi ini menjadi lebih besar.

### 3.2.7. Pengaruh Harmonisa Pada Faktor Daya<sup>[4]</sup>

Arus harmonisa membuat peningkatan total arus rmsnya. Dan karena mempengaruhi harga arus total rmsnya, maka secara otomatis juga akan mempengaruhi faktor dayanya juga. Hal ini dikarenakan daya total dengan daya nyata itu terdapat selisih sudut antara tegangan dan arusnya. Pada daya total tidak terjadi pergeseran sudut antara tegangan dan arusnya. Tetapi untuk daya nyata, terdapat beda sudut yang dibuat oleh tegangan dan arus.

Misalkan ada beban yang menyebabkan bentuk gelombang arusnya tidak sinusoidal yang seperti terlihat pada gambar 3.2, tetapi untuk tegangannya masih berbentuk sinusoidal dan tidak terdapat beda fasa.



Grafik 3.2  
Perbandingan Sinyal Listrik Sinusoidal Terhadap Sinyal Listrik Berharmonisa<sup>[4]</sup>

Maka bentuk faktor daya (*power factor*) tegangan dengan arus dapat dicari dengan rumus :

$$Fp_{total} = \frac{P}{V_{rms} \times I_{rms}} \dots\dots\dots(3.1a, b, c)$$

$$= \frac{P}{V_{rms} \times I_{rms} \sqrt{1 + \left( \frac{THD.f}{100\%} \right)^2}} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$= \frac{P}{V_{rms} \times I_{rms}} \times \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{THD.f}{100\%} \right)^2}} \dots\dots\dots(3.1)$$

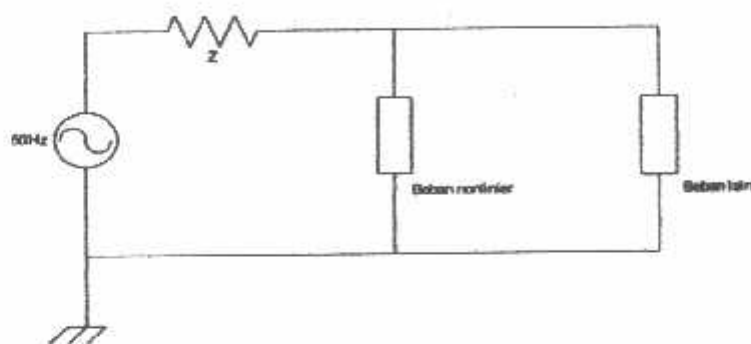
Dari persamaan faktor daya total dapat dibedakan menjadi 2 komponen. Komponen pertama yang disebut dengan “Pergeseran Faktor Daya” (*disp*) dan yang kedua disebut dengan “Distorsi Faktor Daya” (*dist*).

$$Fp_{disp} = \frac{P}{V_{rms} \times I_{rms}} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$Fp_{dist} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{THD.f}{100\%} \right)^2}} \dots\dots\dots(3.2)$$

### 3.2.8. Pengaruh Harmonisa Pada Sistem Tegangan<sup>[4]</sup>

Peralatan yang diterapkan pada sistem tenaga listrik, seperti contoh yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.3  
Rangkaian Distribusi yang Sederhana<sup>[2]</sup>

Sebuah suplai energi listrik yang disalurkan ke beberapa beban yang terhubung paralel melalui kawat penghantar (*Transmission Lines*) yang mengandung impedansi sebesar  $Z$ . Apabila ada arus harmonisa yang melalui impedansi  $Z$  dan sumber, akan menimbulkan tegangan harmonisa yang besar, amplitudo tegangannya akan semakin meningkat disertai juga dengan peningkatan frekuensinya. Karena terdapat impedansi hambatan saluran, maka terdapat selisih tegangan yang dapat secara signifikan terdistorsi oleh beban, bisa berasal dari beban nonlinier yang terbagi kecil-kecil. Dimana arus akan timbul pada saat tegangan suplai mencapai titik maksimum saja. Hal ini akan menyebabkan turunnya tegangan yang melewati impedansi  $Z$  dan akan menjadi lebih besar pula apabila tegangan pada sumber mencapai titik maksimum. Sehingga tegangan yang dikirimkan pada akhirnya akan menjadi turun.

3.2.9. Standar Harmonisa <sup>[4]</sup>

Standar harmonisa yang digunakan adalah standar IEEE 519. Ada dua kriteria yang digunakan untuk mengevaluasi distorsi harmonisa. Yang pertama adalah batasan harmonisa arus, dan yang kedua adalah batasan harmonisa tegangan. Untuk standard harmonisa arus, ditentukan oleh rasio ISC/IL.

VTHD adalah persentase jumlah total tegangan yang terdistorsi oleh harmonisa terhadap frekuensi fundamentalnya, dan % ITHD adalah persentase jumlah total arus yang terdistorsi oleh harmonisa terhadap frekuensi fundamentalnya.

Untuk tegangan, standard harmonisanya ditentukan oleh tegangan sistem yang dipakai seperti pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Voltage Distortion Limits <sup>[4]</sup>

Voltage at PCC	Individual voltage Distortion (%)	Total Voltage Distortion THD (%)
69 kV and below	3,0	5,0
69 kV – 161 kV	1,5	1,5
161 kV	1,0	2,5

Sedangkan untuk arus, standard harmonisanya ditentukan oleh Max short circuit current dan Max load current seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Standar untuk arus harmonisa <sup>[4]</sup>

$I_{ho}/I_L$	orde harmonisa dalam % terhadap $I_L$				
	$<11$	$11 \leq h \leq 17$	$17 \leq h \leq 23$	$23 \leq h \leq 35$	$35 \leq h$
$<20^*$	5.0	2.0	1.5	0.6	0.3
$20 < 50$	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5
$50 < 100$	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7
$100 < 1000$	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0
$>1000$	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4

dimana:

$I_{sc}$  = Max short circuit current at PCC (Point of Common Coupling)

$I_L$  = Maxload current (Fundamental Frequency) at FCC

**3.2.10. Indeks Harmonisa <sup>[4]</sup>**

Dalam analisa harmonisa terdapat beberapa indeks yang penting untuk menggambarkan efek dan harmonisa pada komponen sistem tenaga.

**3.2.11. Total Harmonic Distortion (THD)**

Pendefinisian rasio nilai rms komponen harmonisa ke nilai rms komponen dasar biasanya dinyatakan dalam bentuk persen. Indeks ini digunakan untuk mengukur deviasi bentuk gelombang periodik yang mengandung harmonisa dari gelombang sinus sempurna. Pada saat terjadi gelombang sinus sempurna, nilai THD adalah nol.

Indeks yang umum digunakan adalah:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N V_n^2}}{V_1} \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana:

$V_n$  = komponen harmonisa

$V_1$  = komponen fundamental

k = komponen harmonisa maksimum yang diamati

### 3.3. Resonansi <sup>[4]</sup>

Dengan mengasumsikan beban nonlinier sebagai masuknya arus harmonisa, maka harmonisa tegangan pada setiap bus di sistem tenaga dapat diperoleh dengan memecahkan matrik atau persamaan admitansi berikut untuk semua kasus harmonisa.

$$V_h = Z_h \cdot I_h \dots\dots\dots(3.5)$$

Atau

$$I_h = Y_h \cdot V_h \dots\dots\dots(3.6)$$

dimana

$V_h$  : adalah tegangan harmonisa ke-h pada setiap bus harus ditentukan.

$Z_h$  : adalah matrik impedansi harmonisa sistem,

$I_h$  : adalah representasi arus harmonisa beban pada bus yang terhubung,

dan

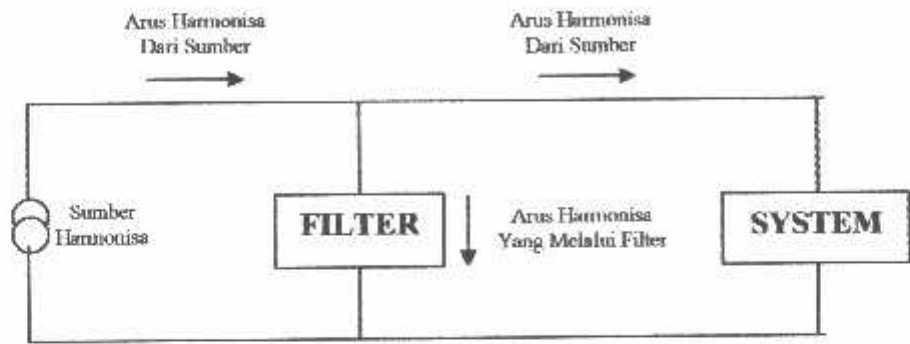
$Y_h$  : adalah matrik admitansi harmonisa sistem.

Pada persamaan 3.8,  $Z_h$  dapat diperoleh dengan menggunakan algoritma Z-bus untuk setiap harmonisa.  $Z_h$  dapat pula diperoleh dari invers  $Y_h$  dalam persamaan 3.9. Impedansi harmonisa memainkan peranan penting dalam sistem distribusi tenaga listrik khususnya ketika resonansi terjadi dalam sistem.

### 3.4. Filter Harmonisa <sup>[4]</sup>

Tujuan dari pemasangan filter harmonisa adalah untuk mereduksi amplitudo frekuensi tertentu dari sebuah tegangan dan arus. Dengan penambahan filter

harmonisa pada suatu sistem tenaga listrik yang mengandung sumber-sumber harmonisa maka penyebaran arus harmonisa ke seluruh jaringan dapat ditekan sekecil mungkin. Selain itu filter harmonisa pada frekuensi dasar dapat mengkompensasi daya reaktif dan digunakan untuk memperbaiki faktor daya.

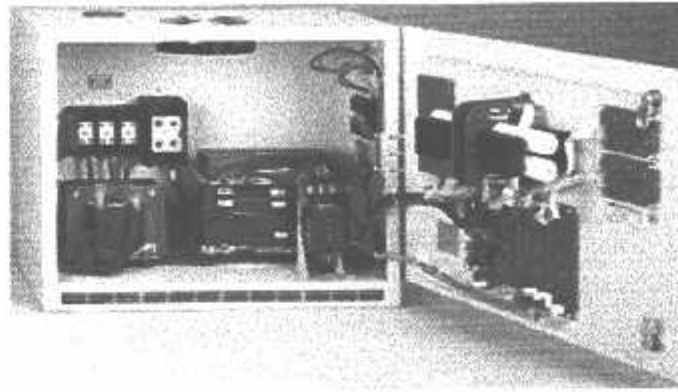


Gambar 3.4  
Pemasangan Filter Harmonisa <sup>[4]</sup>

3.4.1. Tipe Filter<sup>[4]</sup>

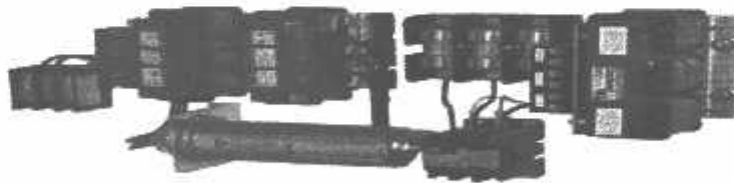
Ada dua tipe dasar dari filter yaitu aktif dan pasif. Filter aktif ini dapat bekerja untuk mengeliminasi timbulnya harmonisa dalam suatu sistem tenaga listrik 3 fasa, baik dengan kawat netral maupun tidak. Filter aktif ini bekerja dengan cara mengkompensasi arus harmonisa yang timbul pada sistem tenaga yang diakibatkan oleh penggunaan beban-beban non linier. Selain dapat mengeliminasi harmonisa yang timbul, filter aktif ini juga dapat memperbaiki faktor daya dalam suatu sistem tenaga listrik. Saat ini, filter aktif paralel sudah banyak dikembangkan untuk memperbaiki kualitas sistem tenaga listrik.





Gambar 3.5.  
Bentuk Fisik *Harmonic Filter Active* <sup>[4]</sup>

Filter pasif merupakan metode penyelesaian yang efektif dan ekonomis untuk masalah harmonisa. Filter pasif sebagian besar didisain untuk memberikan bagian khusus untuk mengalihkan arus harmonisa yang tidak diinginkan dalam sistem tenaga. Ada dua macam filter pasif yaitu filter pasif seri dan filter pasif paralel. Filter pasif seri memiliki karakteristik sebagai resonansi paralel dan merupakan tipe filter yang bersifat sebagai penghalang, yang memiliki impedansi tinggi pada frekuensi tertentu. Sebagai contohnya adalah penggunaan komponen penghalus atau perata gelombang pada peralatan elektronika daya. Sedangkan filter pasif paralel memiliki karakteristik sebagai resonansi seri dan merupakan filter yang bertipe *trap* yang memiliki impedansi yang rendah pada frekuensi tertentu.

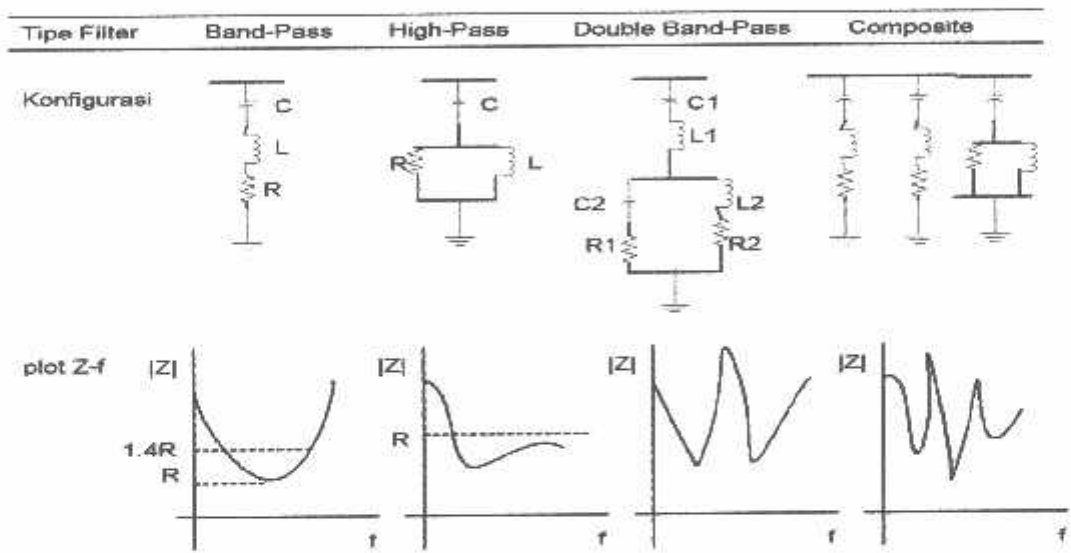


Gambar 3.6.  
Bentuk Fisik *Harmonic Filter Pasif* <sup>[4]</sup>

3.4.2. Jenis-Jenis Filter Pasif

Gambar 3.4 memperlihatkan beberapa jenis filter pasif yang umum beserta konfigurasi dan plot impedansinya. Secara umum filter pasif dapat dibedakan dalam tiga jenis :

- 1. *Single-Tuned / Band Pass Filter* (filter penalaan tunggal)
- 2. *Double-Tuned / Double Band Pass Filter* (filter penalaan ganda)
- 3. *High Pass Filter Type*



Gambar 3.7.  
Jenis-Jenis Filter Fasif yang Umum <sup>[4]</sup>

Plot impedansi dari sebuah *high-pass* filter orde dua (orde satu terdiri dari resistor seri dan kapasitor) memperlihatkan bahwa impedansi minimum *passband* filter ini lebih tinggi daripada sebuah *single-tuned* filter. Sebuah *high-pass* filter akan menarik sejumlah komponen harmonisa dengan frekuensi di atas frekuensi *notch*-nya. Hal ini menyebabkan rating yang tinggi pada frekuensi fundamentalnya dan rugi-rugi energi yang besar pada resistornya . Filter jenis ini biasanya digunakan untuk harmonisa orde tinggi .

*Composite* filter terdiri dari dua *bandpass* filter dan sebuah *high-pass* filter untuk frekuensi tinggi. Konfigurasi ini biasanya digunakan untuk beban tanur busur listrik (*arc-furnace*).

Dengan mengetahui tegangan fundamental dan harmonisa pada busbar, maka rating arus dan tegangan kapasitor, induktor dan resistor dapat ditentukan. Selain itu juga daya reaktif dan aktif serta rugi-ruginya dapat ditentukan pula.

Untuk mencegah kerusakan komponen-komponen ini, rating dari komponen harus didasarkan kepada beberapa kondisi yang ada yaitu tegangan fundamental tertinggi, keberadaan frekuensi tertinggi serta arus harmonisa dari sumber-sumber lain dan dari resonansi yang mungkin terjadi antara filter dan sistem ac.

Kapasitor tersusun dari unit standar yang dihubungkan seri atau paralel untuk memperoleh rating tegangan dan KVA yang diinginkan. Hal-hal pokok dari kapasitor adalah :

- a. Koefisien suhu dari komponen kapasitor.
- b. Daya reaktif per unit volume.
- c. Rugi-rugi daya.
- d. Reliability.
- e. Harga.

Koefisien suhu yang sangat rendah dari kapasitor lebih diharapkan untuk menala filter dalam orde penalaan supaya dapat dihindari penalaan ulang karena perubahan kapasitansi oleh perubahan suhu di sekeliling atau oleh pemanasan sendiri oleh kapasitor tersebut.

Kapasitor mendapatkan *daya reaktif* yang besar per unit volume dengan cara memiliki losses yang rendah dan dengan dioperasikan pada tegangan tinggi. Untuk alasan ini maka operasi yang lama pada tegangan lebih harus dihindari untuk

mencegah terjadinya kerusakan dielektrik akibat panas. Rating *daya reaktif* kapasitor adalah penjumlahan daya reaktif pada masing-masing frekuensi yang diinginkan.

*Induktor* yang digunakan dalam rangkaian filter dirancang mampu menahan selubung frekuensi tinggi diantara efek kulit dan rugi-rugi histerisis harus dimasukkan dalam perhitungan rugi-rugi daya. Begitu juga efek dari level fluks dari inti besi, yaitu penalaan ulang yang disebabkan oleh magnetisasi yang tidak linier sehingga harus dipertimbangkan. Komponen induktor pada filter lebih baik dirancang dengan inti non magnetic. Rating induktor terutama tergantung pada arus rms maksimum dan pada level isolasi yang dibutuhkan agar tahan terhadap surja hubung. Umumnya R dan L ditempatkan di bagian bawah dari filter.

3.4.3. *Single-Tuned Filter*

Filter dengan penalaan tunggal ditala pada salah satu orde harmonisa (biasanya pada orde harmonisa rendah). Filter ini terdiri dari rangkaian seri kapasitor, reaktor dan resistor (RLC). Impedansi dari rangkaian *Single-Tuned Filter* dinyatakan dalam persamaan :

$$Z(\omega) = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) \dots\dots\dots (3.7)$$

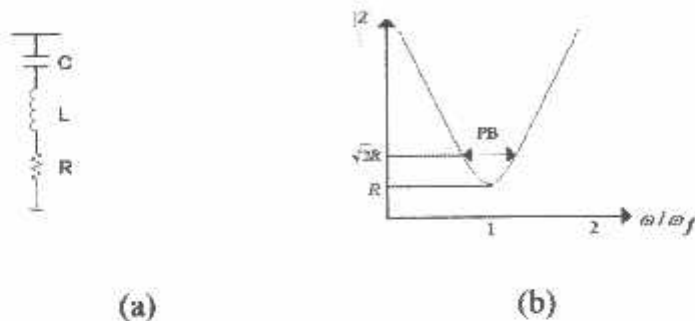
Rangkaian filter ini mempunyai impedansi yang rendah pada frekuensi resonansinya. Sebuah shunt filter dikatakan ditala pada sebuah frekuensi jika pada frekuensi tersebut reaktansi induktif dan kapasitifnya sama dengan nol.

Kualitas sebuah filter (Q) menentukan ketajaman penalaan (*tuning*). Filter dengan Q tinggi ditala secara tajam pada suatu frekuensi harmonisa (contohnya ke-5). Filter dengan Q yang rendah biasanya bernilai 0.5 sampai 5 dan memiliki impedansi yang rendah pada jangkauan frekuensi yang lebar.

Faktor kualitas (Q) didefinisikan sebagai perbandingan antara induktansi (atau kapasitansi) pada saat resonansi dengan resistansi.

$$Q = \frac{X_0}{R} \dots\dots\dots(3.8)$$

dengan  $X_0 = nX_L = \frac{X_C}{n}$  pada keadaan resonansi.



Gambar 3.8. (a)Rangkaian Filter Penalaan Tunggal (b) Grafik Impedansi Filter Terhadap Frekuensi<sup>[4]</sup>

Seperti ditunjukkan pada Gambar 3.6, *passband* (PB) filter didefinisikan sebagai batas frekuensi filter sama dengan resistansinya, yaitu sudut impedansinya sebesar 45° dan impedansi sama dengan  $\sqrt{2}R$ . Hubungan Q dan PB dinyatakan sebagai :

$$Q = \frac{\omega_0}{PB} \dots\dots\dots(3.5)$$

dengan  $\omega_0$  adalah frekuensi sudut penalaan dalam rad/sec.

### 3.4.4. Double-Tuned Filter

Sebuah impedansi ekuivalen dari dua buah filter penalaan tunggal ditunjukkan pada Gambar 3.6.a) yang memiliki frekuensi resonansi yang berdekatan dalam prakteknya sama dengan konfigurasi sebuah filter penalaan ganda yang ditunjukkan pada Gambar 3.6. (b). Hubungan antara kedua rangkaian filter ini adalah sebagai berikut.

$$C_1 = C_a + C_b \dots\dots\dots(3.6)$$

$$C_2 = \frac{C_a C_b (C_a + C_b) (L_a + L_b)^2}{(L_a C_a - L_b C_b)^2} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$L_1 = \frac{L_a L_b}{L_a + L_b} \dots\dots\dots(3.6)$$

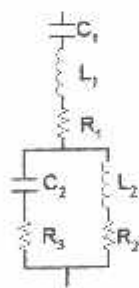
$$L_2 = \frac{(L_a C_a - L_b C_b)^2}{(C_a + C_b)^2 (L_a + L_b)^2} \dots\dots\dots(3.6)$$

$$R_2 = R_a \left[ \frac{a^2 (a - X^2)}{(a + aX^2)^2 (1 + X^2)} \right] + R_b \left[ \frac{a X^2}{(1 + aX^2)^2 (1 + X^2)} \right] \dots\dots\dots(3.6)$$

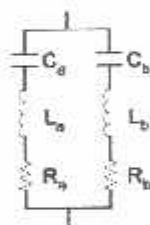
$$+ R_1 \left[ \frac{(1 - X^2)^2 (1 - aX^2)}{(1 + X^2)^2 (1 + aX^2)} \right]$$

dengan

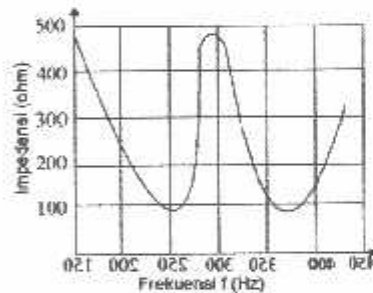
$$a = \frac{C_a}{C_b} \text{ dan } X = \sqrt{\frac{L_b C_b}{L_a C_a}}$$



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.9.  
Rangkaian Filter Penalaan Ganda <sup>[4]</sup>  
(a) Transformasi dari dua buah filter penalaan tunggal  
(b) Filter penalaan tunggal  
(c) Filter penalaan ganda yang ditala pada orde lima dan tujuh

### 3.4.5. High Pass Filter

Sebuah high pass filter memiliki beberapa kelebihan antara lain :

- a. High pass filter tidak terlalu peka terhadap perubahan suhu, perubahan frekuensi, toleransi komponen dari pabrik dan rugi-rugi dari kapasitor.
- b. Membuat impedansi yang rendah untuk spektrum frekuensi harmonisa yang lebar tanpa memerlukan sub-sub parallel cabang filter.
- c. Penggunaan filter penalaan sering mengakibatkan resonansi parallel antara filter dengan admitansi dari sistem pada frekuensi orde harmonisa dibawah penalaan filter yang lebih rendah. Dalam hal ini penggunaan satu atau lebih high pass filter menjadi alternatif yang dapat diterima.

Selain itu kelemahan dari high pass filter adalah :

- a. Dengan level filter yang sama perancangan high pass filter untuk VA rating yang besar (VA rating pada frekuensi fundamentalnya) akan mengalami kesulitan. Padahal dalam hal ini unjuk kerja yang baik dari suatu peralatan filter termasuk didalamnya adalah masalah koreksi faktor daya.
- b. Pada high pass filter rugi-rugi resistor dan reaktansi secara umum adalah besar.

### 3.5. Software PSCAD/EMTDC V 4.2 Power Simulation

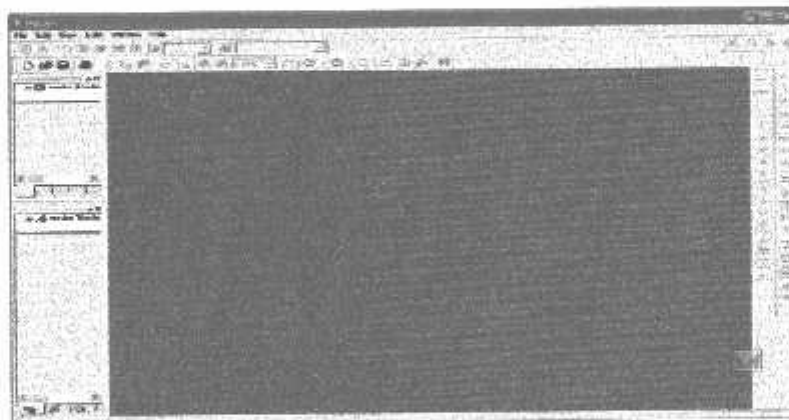
PSCAD (*Power System CAD*) adalah *graphical user interface* yang sangat baik dan fleksibel. PSCAD memungkinkan pengguna menggambar mengkonstruksi sebuah rangkaian, menjalankan sebuah simulasi, analisa hasil dan manajemen data terintegrasi secara lengkap. Penggambaran, pengontrolan dan pengukuran juga tersedia, jadi pengguna dapat mengubah parameter sistem, menjalankan simulasi dan melihat hasil secara langsung.

Dibawah ini adalah model umum yang terdapat di dalam studi sistem menggunakan PSCAD/EMTDC:

- *Resistors, inductors, capacitors*
- *Mutually coupled windings, such as transformers*
- *Frequency dependent transmission lines and cables (including the most accurate time domain line model in the world)*
- *Current and voltage sources*
- *Switches and breakers*
- *Diodes, thyristors, GTOs, IGBTs*
- *Analog and digital control functions*
- *AC and DC machines, exciters, governors, stabilizers and inertial models*
- *Meters and measuring functions*

### 3.5.1. Memulai PSCAD/EMTDC Power Simulation

Tampilan Utama PSCAD Power Simulation adalah sebagai berikut :

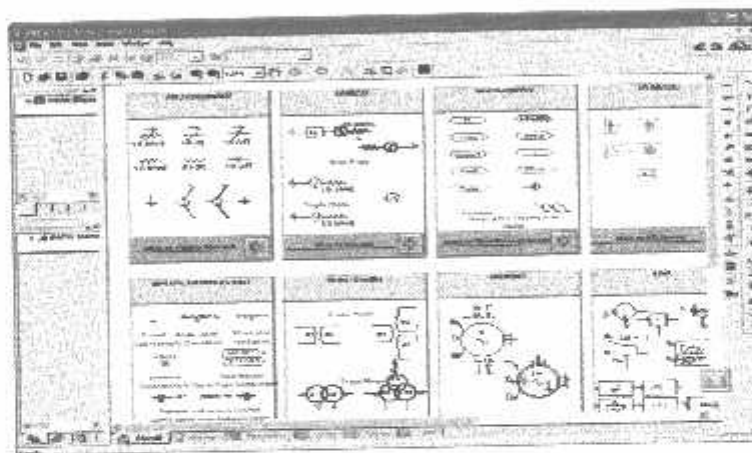


Gambar 3.10  
Tampilan utama Software PSCAD/EMTDC Power Simulation

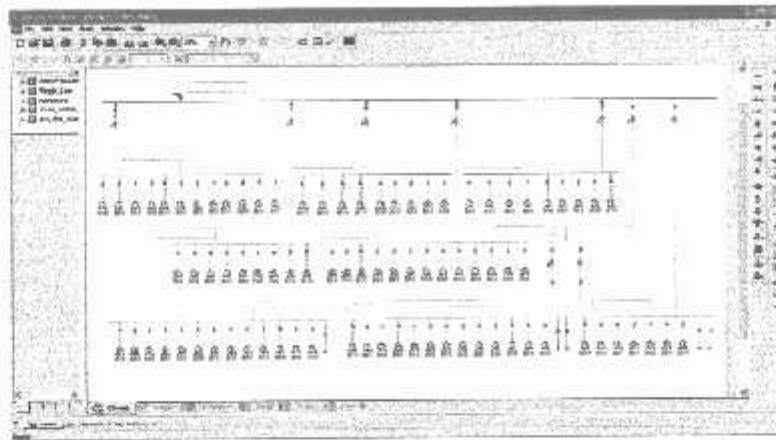




Gambar 3.11  
Tampilan Modul Utama



Gambar 3.12  
Tampilan Master Library



Gambar 3.13  
Tampilan *Single Line* PT. Pupuk Kaltim Dalam *PSCAD*

### 3.5.2. Sistem Pengendalian PWM Sinusoida

#### 3.5.2.1 PWM Sinusoida<sup>[7]</sup>

Gelombang sinusoidal pada tiga *SVC* dikendalikan dengan teknik PWM. Rencana Kendali berdasar *PWM* berkenaan dengan *SVC* diterangkan pada bagian ini. Rencana Kendali untuk *SVC* mengikuti prinsip yang sama. Tujuan rencana kendali adalah untuk memelihara *magnitude* tegangan konstan suatu beban sensitif. Sistem kendali mengukur tegangan di titik beban dan pengukuran daya reaktif. strategi penyakelaran *SVC* adalah di dasarkan pada suatu teknik PWM sinusoidal, yang sederhana dan memberikan respon yang baik. Metode PWM menawarkan suatu pilihan yang lebih fleksibel. Suatu sinyal error diperoleh

dengan membandingkan tegangan acuan dengan tegangan rms pengukuran di titik beban. pengontrol PI memproses sinyal error dan menghasilkan sudut penundaan yang diperlukan ( $\delta$ ) untuk membawa kesalahan itu menjadi nol. Dalam generator PWM, kendali sinyal sinusoidal adalah *phase-modulated* dengan cara sudut  $\delta$ . Sinyal

yang diatur dibandingkan dengan suatu sinyal bersegi tiga (*carrier*) dalam rangka menghasilkan sinyal penyaluran untuk SVC. parameter utama dalam rencana sinusoidal PWM adalah index sinyal amplitudo modulasi (ma) pada sinyal  $V_{control}$ , dan sinyal segi tiga pada index modulasi frekuensi (mf). Index Amplitudo Ma dipertahankan tetap pada 1 pu, dalam hal memperoleh komponen dasar tagangan pada pengontrol keluaran. frekwensi *Switching* ditetapkan pada 350 Hz, dan kasus pengujian dilakukan pada pabrik yang stabil. Sudut modulasi diterapkan pada pembangkit sinyal PWM pada fasa A. untuk fasa B dan C dengan pergeseran berturut-turut  $120^\circ$  dan  $240^\circ$ . Pencrapan pengendalian sangat sederhana dengan menggunakan sinyal tegangan sebagai variabel umpan balik dalam perencanaan pengontrolan. Kecepatan respon dan efektifitas perencanaan pengontrolan ditunjukkan dalam hasil simulasi.

### 3.5.2.2. Aksi Kontrol PWM Sinusoida Terhadap SVC<sup>[8]</sup>

Prinsip dari SVC adalah menerima dan memproses sinyal *error* dari sumber. Hasilnya kemudian dimasukan ke PWM *Voltage Source Converter* tiga fasa pada rangkaian utama. Dari hasil perhitungan arus referensi yang dihasilkan oleh sinyal *error* antara tegangan beban dengan tegangan referensi. Jadi sinyal yang diolah oleh PWM merupakan sinyal referensi yang diperoleh dari hasil perhitungan tersebut. Sinyal referensi ini kemudian dimodulasikan dengan sinyal *carrier* (*triangular wave*) yang berupa sinyal gigi gergaji (*saw tooth*).

Sinyal *error* ini berbentuk sinusoidal yang dimodulasikan dengan sinyal gigi gergaji sebagai sinyal *carrier*.

*Output* dari PWM di atas digunakan untuk mentrigger rangkaian *switching* yang terdiri atas 6 IGBT tiap fasa terdiri dari 2 IGBT.

### 3.6. Aksi Kontrol Proporsional Integral (PI) <sup>[10]</sup>

#### 3.6.1. Umum

Kontrol otomatis telah memegang peranan yang sangat penting dalam perkembangan ilmu dan teknologi. Disamping banyak diperlukan pada pesawat ruang angkasa, peluru kendali, sistem pengemudi pesawat dan sebagainya. Kontrol otomatis telah menjadi bagian penting dan terpadu dari proses-proses dalam pabrik dan industri modern. Misalnya, kontrol otomatis telah memegang peranan yang sangat penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Disamping banyak diperlukan pada pesawat ruang angkasa, peluru kendali, sistem pengemudi pesawat, dan sebagainya. Kontrol otomatis telah menjadi bagian yang sangat penting dan terpadu dari proses – proses dalam pabrik dan industri modern. Misalnya, kontrol otomatis sangat diperlukan di dalam dunia industri seperti pengontrolan tekanan, suhu, kelembaban, viskositas, dan arus dalam industri proses.

Karena kemajuan dalam teori dan praktek kontrol otomatis memberikan kemudahan dalam mendapatkan performansi dari sistem dinamik, mempertinggi kualitas dan menurunkan biaya produksi, mempertinggi laju produksi, meniadakan

pekerjaan-pekerjaan rutin dan membosankan yang harus dilakukan oleh manusia, dan sebagainya.

Sejarah perkembangan. Hasil karya pertama yang sangat penting dalam kontrol otomatis adalah governor sentrifugal untuk pengontrolan kecepatan mesin uap yang dibuat oleh *James Watt* pada abad ke delapan belas. Hasil karya lainnya yang penting pada tahap awal perkembangan teori kontrol dibuat oleh *Minorsky*, *Hazen*, *Nyquist*, dan sebagainya. Pada tahun 1922, *Minorsky* membuat kontroler otomatis untuk mengendalikan pengemudian kapal dan menunjukkan

cara menentukan kestabilan dari persamaan differensial yang melukiskan sistem. Pada tahun 1932 *Nyquist* mengembangkan suatu prosedur yang relatif sederhana untuk menentukan kestabilan sistem loop tertutup pada basis sistem loop terbuka terhadap masukan tunak (*steady state*) sinusoidal. Pada tahun 1934 *Hazen*, yang memperkenalkan istilah servomekanis untuk sistem kontrol posisi, membahas desain servomekanis relay yang mampu mengikuti dengan baik masukan yang berubah. Selama dasawarsa 1940-an, metode respon frekuensi memungkinkan para insinyur untuk mendesain sistem kontrol linier berumpan balik yang memenuhi persyaratan kinerja. Metode respon frekuensi dan tempat kedudukan akar, yang merupakan inti teori kontrol fisik, akan membawa sistem yang stabil dan memenuhi seperangkat persyaratan kinerja yang hampir seimbang.

Hampir semua proses dalam industri membutuhkan peralatan – peralatan otomatis untuk mengendalikan parameter – parameter prosesnya. Otomatisasi tidak saja diperlukan demi operasi, keamanan, ekonomi maupun mutu produk, tetapi lebih

merupakan kebutuhan pokok. Kelak akan dipelajari alat tidak mungkin menjalankan suatu proses industri tanpa bantuan sistem pengendali. Contohnya adalah pengendalian sistem pengolahan pupuk urea. Proses disuatu pengolahan pupuk urea tidak mungkin dapat dijalankan tanpa bantuan fungsi sistem dari pengendalian.

Ada banyak parameter yang baru dikendalikan di dalam suatu proses. Diantaranya yang paling umum adalah tekanan (*pressure*) didalam sebuah *vessel* atau pipa, aliran (*flow*) didalam pipa, suhu temperatur di unit proses seperti *heat exchanger*, atau permukaan zat cair (*level*) disebuah tangki. Ada beberapa parameter lain diluar keempat parameter diatas yang cukup penting dan perlu dikendalikan karena kebutuhan spesifik proses, di antaranya : PH di industri pupuk, *water cut* (*w&w*) di pabrik dan sebagainya.

Gabungan serta kerja alat-alat pengendalian otomatis inilah dinamai sistem pengendalian proses (proses contoh sistem). Sedangkan semua peralatan yang menjalankan sistem pengendali disebut instrumentasi pengendalian proses (*Process Control Instrumentation*).

Kedua hal ilmu tersebut berhubungan satu dengan yang lain, dimana keduanya mempunyai hakikat yang berbeda. Pembahasan tentang ilmu proses kontrol sistem lebih dipusatkan pada kerja sistem, sering kali diperlukan penjelasan melalui alat kerja.

### 3.6.2. Prinsip-Prinsip Pengendalian Proses

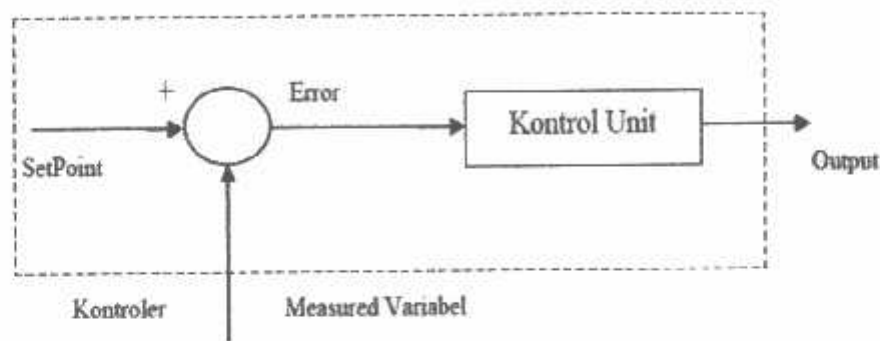
Dalam pengendali proses, operator mengerjakan empat langkah sebagai berikut: *Mengukur, Membandingkan, Menghitung dan Mengoreksi*. Keempat langkah yang dilakukan operator itu, seluruhnya dapat dikerjakan oleh instrumentasi. Manusia kemudian sama sekali tidak menentukan keempat langkah tadi. Operator hanya perlu menentukan besarnya *set point*, dan semuanya akan dikerjakan secara otomatis oleh instrument. Sistem pengendali semacam inilah yang disebut sistem pengendali otomatis (*automatic control system*). Keempat tahap pengendaliannya, sepenuhnya dilakukan oleh instrumentasi. Mata rantai pengendalinya kemudian disebut mata rantai tertutup, dan sistemnya juga disebut sistem pengendalian tertutup atau *sistem closed loop*.

### 3.6.3. Prinsip Kerja Pengendali

Ada tiga jenis pengendali kontinu, yaitu pengendali proposional di singkat P, pengendali integral di singkat I, dan pengendali diferensial di singkat D. Karena kelebihan dan kekurangan ketiga pengendali itu, mereka seringkali dipakai dalam bentuk kombinasi, yaitu P+I disingkat PI, P+D disingkat PD, dan P+I+D disingkat PID. Ketiga jenis pengendali ini memberikan respon yang berbeda-beda. Pada dasarnya, tugas sebuah pengendali kontinu terbagi dalam dua tahap, yaitu membandingkan dan menghitung.

Pembandingan itu sendiri dilakukan dengan mengurangi besarnya *set point* dengan besaran *measurement variabel*, yang hasilnya adalah besaran yang disebut *error*. Karena *set point* bisa lebih besar atau lebih kecil dari *measurement variable*, nilai *error* bisa positif dan bisa juga negatif. Jadi *error* adalah input unit kontrol dan

*manipulated variable* adalah output unit kontrol. Besarnya *manipulated variable* dihitung berdasarkan *error* dan *transfer function* unit kontrol. Bentuk *transfer function* dari unit kontrol terhitung pada “mode” yang ada dikontroler.



Gambar 3.14  
Kontroler Dan Diagram Kotaknya

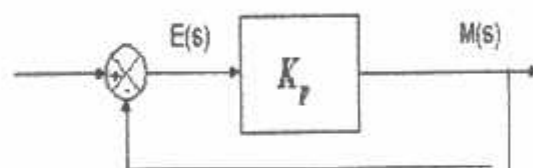
### 3.6.3.1 Pengendali Proporsional (*Proporsional Controller*)

Salah satu dari ketiga unit kontrol yang paling populer dan paling banyak dipakai adalah unit kontrol P, seperti tercermin dari namanya, besar *output* unit kontrol P selalu sebanding dengan besarnya *input*. Bentuk *transfer function* unit kontrol *proporsional* oleh karenanya akan sederhana sekali, sehingga bentuk *transfer function*-nya juga sederhana. Unit kontrol P adalah unit kontrol yang paling banyak dipakai, baik tersendiri dalam bentuk pengendali *P-only* maupun dalam kombinasi dengan mode integral (I) dan differensial (D).

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding / proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan bahwa keluaran kontroler proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukan.



Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya. Gambar 3.15 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara besaran *setting*, besaran *actual* dengan besaran keluaran kontroler proporsional. Sinyal kesalahan (*error*) merupakan selisih antara besaran *setting* dengan besaran aktualnya. Selisih ini akan mempengaruhi kontroler, untuk mengeluarkan sinyal positif (mempercepat pencapaian harga *setting*) atau negative (memperlambat tercapainya harga yang diinginkan).



Gambar 3.15  
Diagram Blok Kontroler Proporsional

Kontroler proporsional memiliki 2 parameter, yaitu pita proporsional (*proporsional band*) dan konstanta proporsional.

Hubungan antara pita proporsional (*PB*) dengan konstanta proporsional ( $K_p$ ) ditunjukkan secara prosentase oleh persamaan berikut ini :

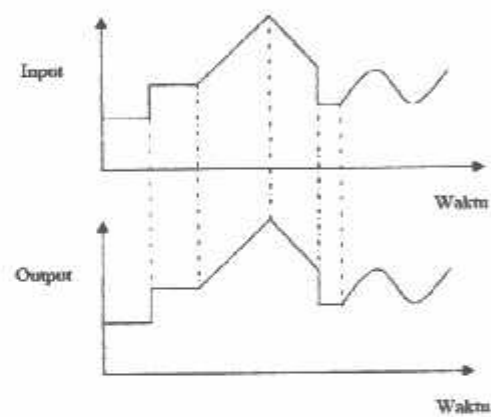
$$PB = \frac{1}{K_p} \times 100\%$$

Dimana:

PB = Proporsional Band

$K_p$  = Konstanta Proporsional

Walaupun hubungan input-output unit kontrol proporsional bukan merupakan fungsi waktu, untuk bahan perbandingan dengan unit kontrol lain, ada baiknya kalau hubungan itu dinyatakan dalam bentuk kurva fungsi waktu. Dari gambar 3.16 jelas terlihat bahwa output selalu mengikuti input secara proporsional. Naik turunnya input diikuti secara langsung oleh output, dan besarnya selalu sama dengan input kali gain. Karena unit kontrol proporsional ini bukan fungsi waktu, dinamik gain pengendali ini sama dengan *steady state* gainnya. Dengan kata lain, besarnya gain tidak tergantung pada besarnya frekuensi loop.



Gambar 3.16  
Response Sebuah Pengendali Proporsional

Contoh pengendali integral proporsional yang mudah ditemui dalam kehidupan sehari-hari adalah pengisian tangki penampung air di kloset. Hal yang perlu diperhatikan pada contoh ini adalah bahwa kontrol unit di contoh bekerja secara proporsional. Artinya, koreksi dalam hal ini buka tutupnya *control valve* akan selalu sebanding dengan ketinggian level. *Set point* dalam hal ini adalah sama dengan ketinggian level maksimum.

### 3.6.3.2 Pengendali Integral (*Integrator Controller*)

Setelah pengendali proporsional diketahui “gagal” mengendalikan sistem secara sempurna dalam arti masih adanya *offset*. Dikarenakan sifat dasar pengendali proporsional yang masih memerlukan *error* untuk menghasilkan *output*. Oleh karena itu, untuk menghilangkan *offset*, diperlukan pengendali lain yang dapat menghasilkan *output* walaupun sudah tidak ada *input* lagi. Sifat unit inilah yang dimiliki oleh pengendali integral. Sayangnya, kemampuan pengendali integral menghilangkan *offset* tidak disertai kemampuan bereaksi secara cepat. Karena lambatnya reaksi tersebut maka pengendali integral biasanya dipakai dalam kombinasi dengan pengendali proporsional. Kedua pengendali tersebut dipasang secara paralel sehingga kelebihan kedua pengendali dapat dimanfaatkan secara serempak. Kalau diteliti dengan seksama, *offset* dapat terjadi di sistem pengendali proporsional, karena pengendali proporsional selalu membutuhkan *error* (dalam hal ini *input* ke *unit control*) untuk menghasilkan suatu *output*. Kalau tidak ada *error*, *output* yang keluar dari pengendali proporsional hanyalah bias yang biasanya disetel 50%.

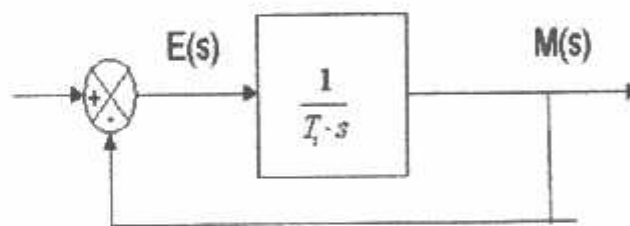
Jadi untuk menghasilkan *offset* dibutuhkan sebuah pengendali lain, yang dapat menghasilkan *output* walaupun padanya tidak diberikan *input*. Dengan kata lain, diperlukan pengendali yang dapat menghasilkan *output* lebih besar atau lebih kecil dari bias pada saat *input (error)* sama dengan nol. Pengendali yang memenuhi kriteria ini adalah pengendali integral, disingkat I.

Kontroler integral berfungsi menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan mantap nol. Kalau sebuah plant tidak memiliki unsur *integrator* ( $1/s$ ),

kontroler proporsional tidak akan mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan mantapnya nol. Dengan kontroler integral, respon sistem dapat diperbaiki, yaitu mempunyai kesalahan keadaan mantapnya nol. Kontroler integral memiliki karakteristik seperti halnya sebuah integral. Keluaran kontroler sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan.

Keluaran kontroler ini merupakan jumlahan yang terus menerus dari perubahan masukannya. Kalau sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, keluaran akan menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan.

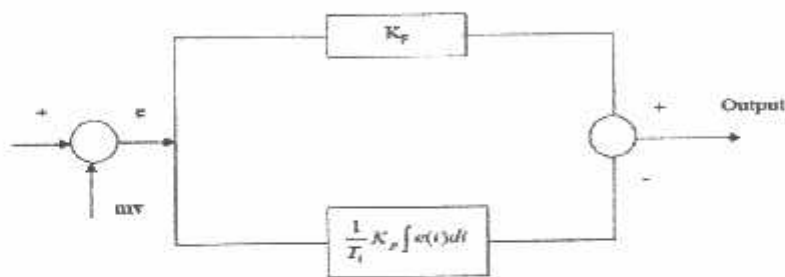
Gambar 3.17 menunjukkan blok diagram antara kesalahan dengan keluaran suatu kontroler integral.



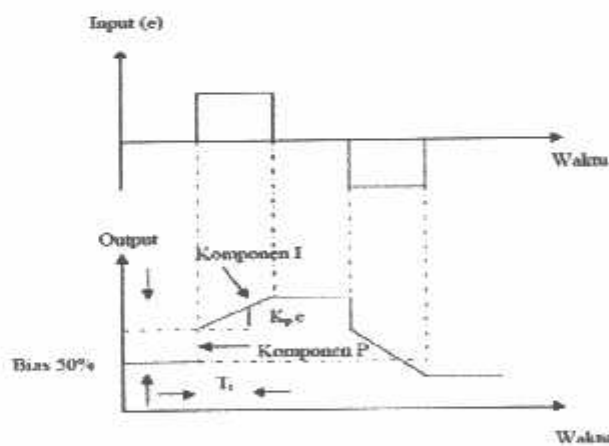
Gambar 3.17  
Blok Diagram Kontroler Integral

3.6.3.3 Pengendali Proporsional Integral (PI Controller)

Karena sifatnya yang tidak mengeluarkan *output* sebelum selang waktu tertentu, pengendali integral jadi memperlambat respon, walaupun *offset* hilang oleh karenanya. Untuk memperbaiki lambatnya respon, umumnya pengendali integral dipasang paralel dengan pengendali proporsional seperti *gambar 3.18* Gabungan kedua pengendali tersebut lazim disebut dengan pengendali PI atau PI kontroler, dan pengendali dikatakan punya dua mode, yaitu P dan I.



Gambar 3.18  
Diagram Kotak Pengendali PI



Gambar 3.19  
Hubungan Input-Output Pengendali PI dalam Fungsi Waktu

### **3.7. Kompensasi SVC Pada Sistem industri**

#### **3.7.1 Sistem Distribusi Tanpa Kompensasi SVC<sup>[8]</sup>**

Hampir semua beban dalam sistem tenaga listrik didominasi oleh beban-beban induktif seperti motor-motor listrik, inverter, UPS dan masih banyak lagi peralatan yang menggunakan komponen-komponen induktif yang berakibat menimbulkan gangguan kestabilan tegangan. Untuk mengatasi permasalahan ini SVC menawarkan pengendalian yang fleksibel dalam mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh beban-beban tersebut. Ini mungkin dilakukan dengan adanya perkembangan piranti elektronika daya yang berkembang cukup pesat, *full controllable* dan penggunaannya dapat di padukan ke dalam sistem tenaga listrik tegangan rendah. Dalam hal ini SVC dilengkapi dengan pengendali PI dan kontrol PWM.

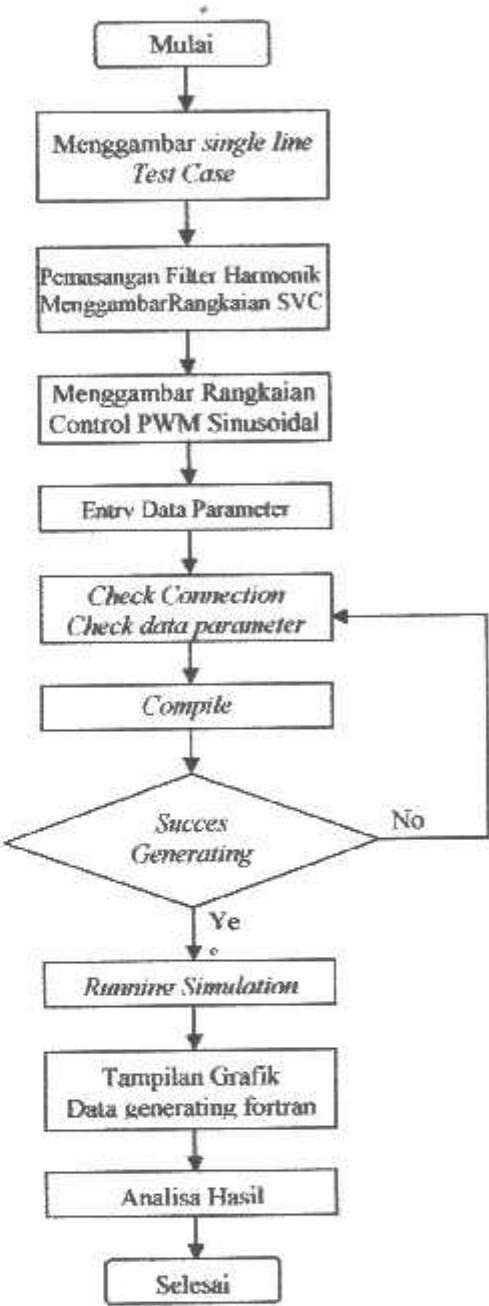
#### **3.7.2. Sistem Distribusi Dengan Kompensasi SVC**

Ketidakstabilan tegangan dalam sistem distribusi bisa menyebabkan terjadinya pemborosan energi listrik. Ketidakstabilan itu dapat diartikan tegangan pada suatu fase lebih besar, lebih kecil atau berfluktuasi terhadap tegangan standar. Sedangkan akibat pemborosan energi listrik itu maka timbul panas sehingga bisa menyebabkan pertama kerusakan isolator peralatan yang dipakai. Ke dua memperpendek daya isolasi pada lilitan. Sementara itu dengan ketidakseimbangan sebesar 3% saja dapat memperbesar suhu motor yang sedang beroperasi sebesar 18% dari keadaan semula. Hal ini tentunya akan menimbulkan suara bising pada motor dengan kecepatan tinggi.

Untuk mengoptimalkan pemakaian energi listrik bisa digunakan beban-beban tiruan berupa LC yang dilengkapi dengan teknologi pengendalian. Sehingga ketepatan dan keandalan dalam mendeteksi kualitas daya listrik bisa diperoleh. pengendali itu berfungsi untuk mengolah komponen-komponen yang menentukan kualitas tenaga listrik. Seperti keseimbangan beban antar fasa dan harmonik. Apabila terdapat ketidakseimbangan antara fasa satu dengan fasa yang lainnya, maka pengendali akan memerintahkan beban-beban LC untuk membuka atau menutup agar arus disuplai ke fasa satu sehingga selisih arus antara fasa satu dengan fasa yang lainnya tidak ada. Banyaknya L atau C yang dibuka atau ditutup tergantung dari kondisi ketidakseimbangan beban yang terdeteksi oleh pengontrol. Komponen LC yang dimaksudkan diatas sudah terintegrasi dalam peralatan SVC.

3.8. Flowchart

Flowchart Desain dan Simulasi Sistem dengan SVC



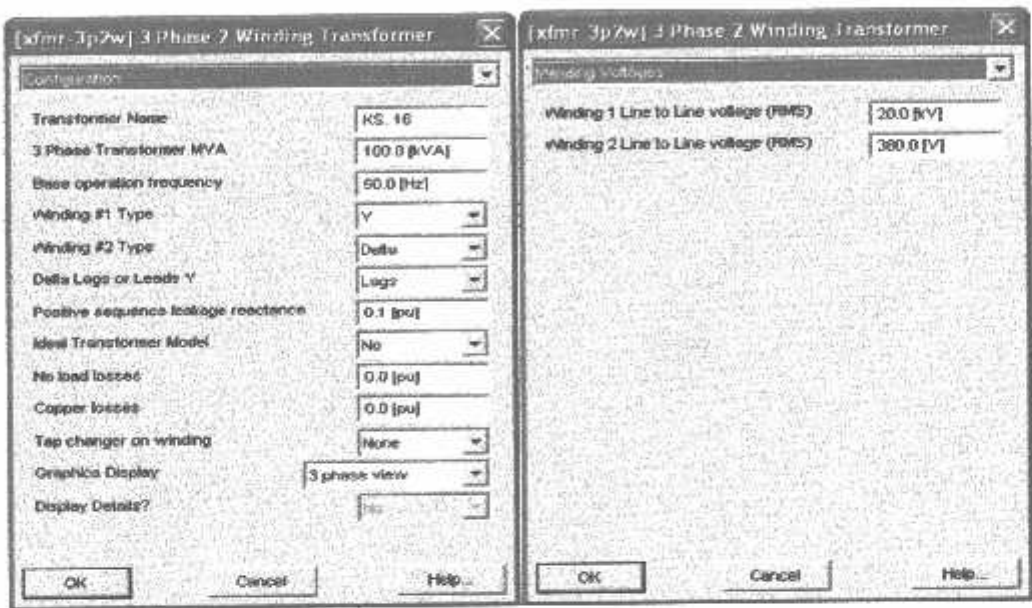
Gambar 3.20  
Flowchart Analisa Perbaikan Kualitas Daya Dengan Filter Harmonik Dan SVC



3.9. Input Data Dalam PSCAD/EMTDC Power Simulation

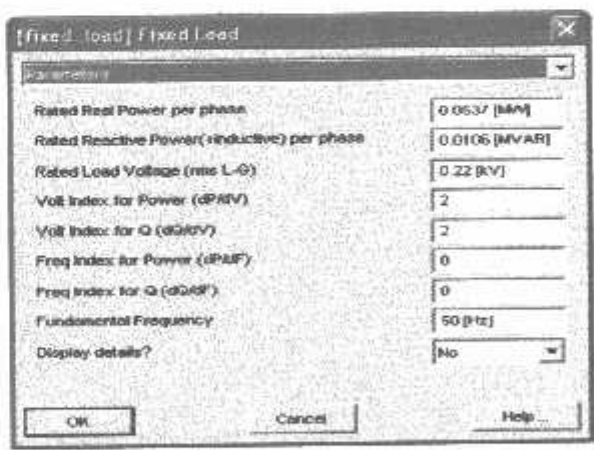
3.9.1. Input Data Transformator dan Fixed Load

1. Data Transformator



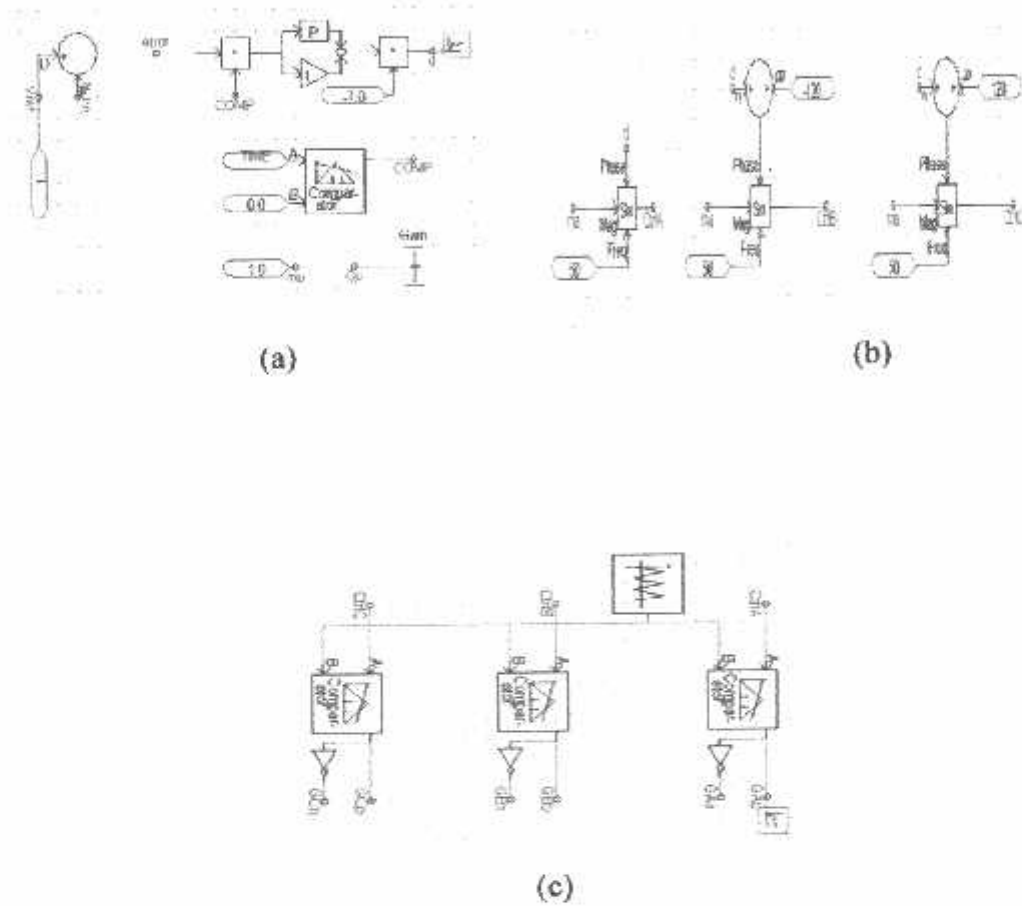
Gambar 3.21  
Tampilan Input Data Transformator

2. Data Fixed Load



Gambar 3.22  
Tampilan Input Data Fixed Load

### 3.9. 2. Input Data Pengendali PI dan SPWM Pada SVC

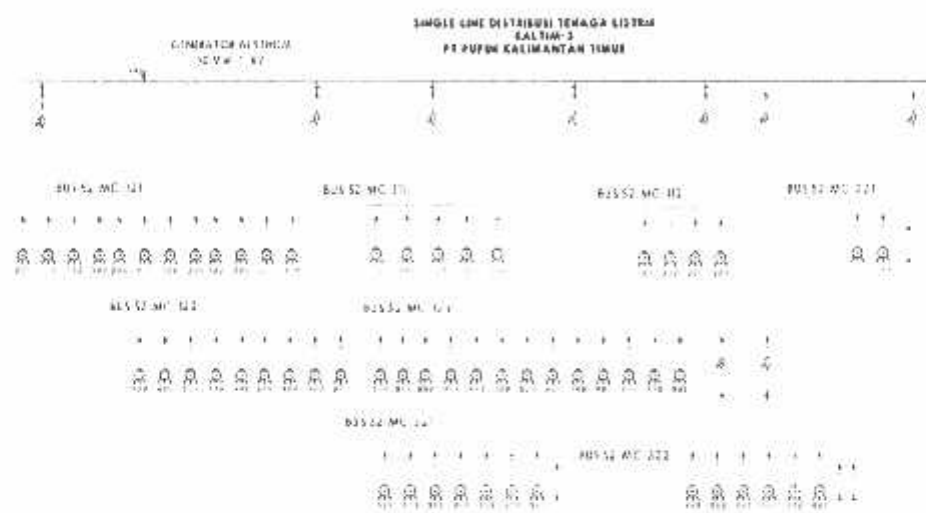


Gambar 3.23

- (a) Rangkaian Pengendali PI untuk mengendalikan SVC
- (b) Rangkaian Sinyal Komparator Untuk Mengendalikan SVC
- (c) Rangkaian Komparator Untuk Mengendalikan SVC

BAB IV  
HASIL DAN ANALISA HASIL

4.1. Single Line Sistem Distribusi Listrik Kaltim-3



Gambar 4.1. Single Line Distribusi Tenaga Listrik Kaltim-3 PT,Pupuk Kaltim

4.2. Data Penyaluran dan Pembebanan

4.2.1. Data Saluran Distribusi Di Kaltim-3

Tabel 4.1. Data Saluran Distribusi Tenaga Listrik Kaltim-3

Dari	Ke	Panjang (M)	Impedansi Saluran	
			R (Ohm)	X <sub>L</sub> (Ohm)
MAIN BUS 52-SG-101	BUS 52-MC-121	74	0.145400	0.101000
MAIN BUS 52-SG-101	BUS 52-MC-122	74	0.145400	0.101000
MAIN BUS 52-SG-101	BUS 52-MC-123	74	0.145400	0.101000
MAIN BUS 52-SG-101	BUS 52-MC-111	65	0.145400	0.101000
MAIN BUS 52-SG-101	BUS 52-MC-112	65	0.145400	0.101000
MAIN BUS 52-SG-101	BUS 52-MC-321	80	0.145400	0.101000
MAIN BUS 52-SG-101	BUS 52-MC-322	80	0.145400	0.101000
MAIN BUS 52-SG-101	BUS 52-MC-221	74	0.145400	0.101000

4.2.2. Data Pembebanan distribusi Listrik Di Kaltim-3

Tabel 4.2. Pembagian Beban Pada  
BUS 52-MC-121

ID	KV	P (kW)	A	RPM
PHOSPATE INJC PUMP	0.525	0.75	2.2	1500
PHOSPATE MIXER	0.525	0.4	1.5	1500
AMMONIA INJC PUMP	0.525	0.2	2.0	1500
HPC SOLUTION AGITATOR	0.525	0.4	2.3	1500
COLD CONDENSATE PUMP	0.525	30	43	1500
SLOP SOLLUTION PUMP	0.525	11	23	1500
HOT CONDENSATE PUMP	0.525	15	1.2	1500
HPC SOLUTION SUMP PUMP	0.525	3.7	5.5	1500
AMM PUMP FOR STORAGE	0.525	55	80	1500
AMM PUMP FOR URFA	0.525	55	80	1500
DRAIN AMM PUMP	0.525	15	23	1500
STEAM CONDENSATE PUMP	0.525	30	55	1500

Tabel 4.3. Pembagian Beban Pada  
BUS 52-MC-122

ID	KV	P (kW)	A	RPM
REFLUX PUMP	0.525	5.5	7.5	1500
SEEDING SYSTEM FEEDER	0.525	11	23	1500
PRILLING FAN	0.525	45	65	1500
FLUIDIZATION AIR FAN	0.525	75	97	1500
URFA SOLUTION REC PUMP	0.525	3.7	5.5	1500
DISSOLVING DRUM PUMP	0.525	1.5	2.5	1500
URFA SOLUT SUMP PUMP	0.525	3.2	4.5	1500
STEM CONDENSATE PUMP	0.525	15	23	1500
HP CARBAMATE PUMP	0.525	110	225	1500

Tabel 4.4. Pembagian Beban Pada  
BUS 52-MC-123

ID	KV	P (kW)	A	RPM
HYPOC NORM DOSING PUMP	0.525	45	65	1500
SEA WATER BOOSTER PUMP	0.525	1500	2050	1500
DESALINATED WATER PMP	0.525	18.5	22	1500
BLOW DOWN PUMP	0.525	75	85	1500
CONDENSATE PUMP	0.525	3.7	5.6	1500
SCALE INJECT PUMP	0.525	0.4	7.0	500
BALL CIRCULATION PUMP	0.525	5.3	7.5	500
DEGAISER WTR TRANS PMP	0.525	11	23	500
DEGAISER FAN	0.525	1.1	2.4	1500
MIXBED FEED PUMP	0.525	55	73	1500
WASTE WATER PUMP	0.525	11	23	500
ACID TRANSFER PUMP	0.525	0.75	4.5	500
FUEL OIL PUMP	0.525	1.5	3.5	1500
DEMINERALIZED WTR PMP	0.525	185	245	1500
PHOSPATE PUMP	0.525	0.4	1.5	1500

Tabel 4.5. Pembagian Beban Pada  
*BUS 52-MC-111*

ID	KV	P (KW)	A	RPM
CARBAMATE PUMP	6.9	220	322	3000
AMMONIA PUMP	6.9	470	650	3000
HP BFW PUMP	6.9	1320	1800	3000
HPC SOLUTION CIRC PUMP	6.9	1500	2050	3000

Tabel 4.6. Pembagian Beban Pada  
*BUS 52-MC-112*

ID	KV	P (KW)	A	RPM
SEA WATER PUMP	6.9	1500	2050	3000
SWEET WATER CIRC PUMP1	6.9	375	522	3000
SWEET WATER CIRC PUMP2	6.9	220	322	3000
BFW PUMP FOR WHB	6.9	335	365	3000

Tabel 4.7. Pembagian Beban Pada  
*BUS 52-MC-321*

ID	KV	P (KW)	A	RPM
LIQUIT NITROGEN PUMP	0.525	4	3.4	1500
AUX L/O AIR COMPRESSOR	0.525	4	3.4	1500
COOLING WATER PUMP	0.525	15	23	1500
FAN FOR COOLING WTR P	0.525	22	33	1500
DEFROSTING CTR HEATER	0.525	20	22	1500
L/O FOR EXP TURBIN	0.525	4	5.7	1500
AMMONIA LOADING PUMP	0.525	185	225	1500
DEFROSTING BASE HEATER	0.525	20	22	1500

Tabel 4.8. Pembagian Beban Pada  
*BUS 52-MC-322*

ID	KV	P (KW)	A	RPM
AMMONIA LOADING PUMP	0.400	185	225	1500
LOBE OIL PMP 22K101A	0.400	6	5.4	1500
LUBE OIL PMP 22K101B	0.400	6	5.4	1500
MOTOR FOR 101/102/103 (A)	0.400	22	33	1500
MOTOR FOR 101/102/103 (B)	0.400	22	33	1500
LOCAL CONTROL PNL	0.400	10	15	1500
LIQUID OXYGEN PUMP	0.400	4	3.4	1500
TURNING DVIC FOR 22K101	0.400	6	3.4	1500

Tabel 4.9. Pembagian Beban Pada  
*BUS 52-MC-221*

ID	KV	P (KW)	A	RPM
BELT CONVEYOR I	0.400	11	17.3	1500
BELT CONVEYOR II	0.400	3.7	5.3	1500
SUBSTATION FOR 2	0.400	3.7	5.2	1500

#### **4.3. SOLUSI Perbaikan Profile Tegangan dan Faktor Daya dengan *Software PSCAD/EMTDC V.4.2 Power Simulation***

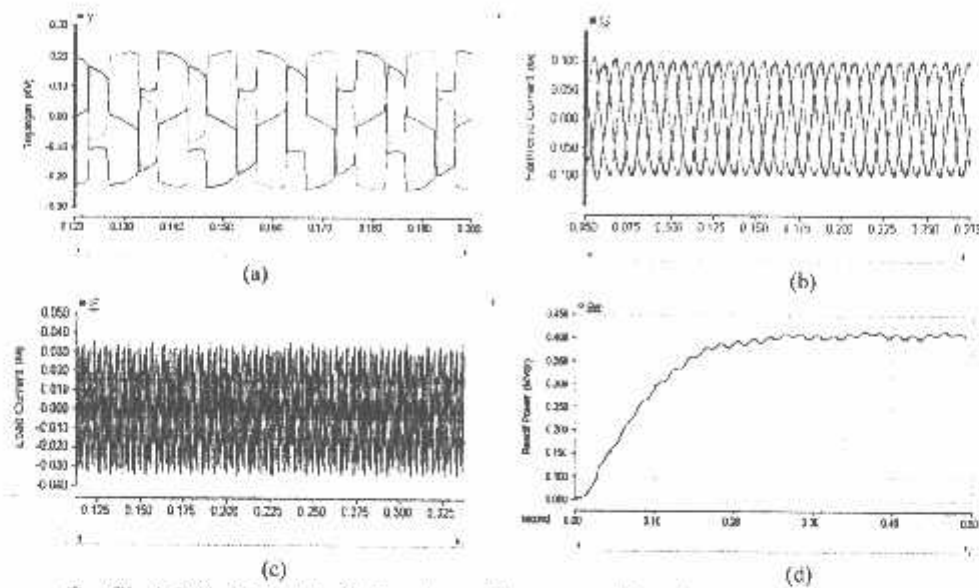
*Software PSCAD/EMTDC V.4.2 Power Simulation* merupakan *graphical user interface* yang fleksibel dan *powerful*. Dengan *software* ini secara skematik kita dapat mengkonstruksi rangkaian, menjalankan simulasi, menganalisa hasil dan manajemen data dalam sebuah integrasi yang lengkap dalam hal grafis, termasuk kontrol dan alat-alat ukur. Dengan demikian permasalahan yang ada pada pendistribusian tenaga listrik kaltim-3 dan solusi yang ingin diberikan dapat dilakukan dengan *software PSCAD*.

#### **4.4. Hasil dan Analisa Hasil Perbaikan Profile Tegangan Dan Faktor Daya Dengan HARMONIC FILTER dan SVC**

##### **4.4.1. Hasil Simulasi Sebelum Kompensasi HARMONIC FILTER dan SVC**

Pada simulasi awal, Komponen Hf ( *Harmonic Filter* ) dan SVC tidak melakukan kompensasi sama sekali. HF ini belum bekerja dan tidak memberikan tegangan injeksi ke beban. SVC tidak memberikan suplai VAR maupun Penyerapan VAR pada beberapa kondisi pengujian, maka akan dapat diketahui perbedaan kondisi sistem sebelum dan sesudah menggunakan peralatan HIF dan SVC ;

➤ Sistem Sebelum diberi kompensasi



Grafik 4.2. (a) Bentuk Gelombang Tegangan (V), (b) Bentuk Gelombang Harmonic Arus pada Sumber, (c) Gelombang Arus Pada Beban, (d) Daya Reaktif Pada Beban.

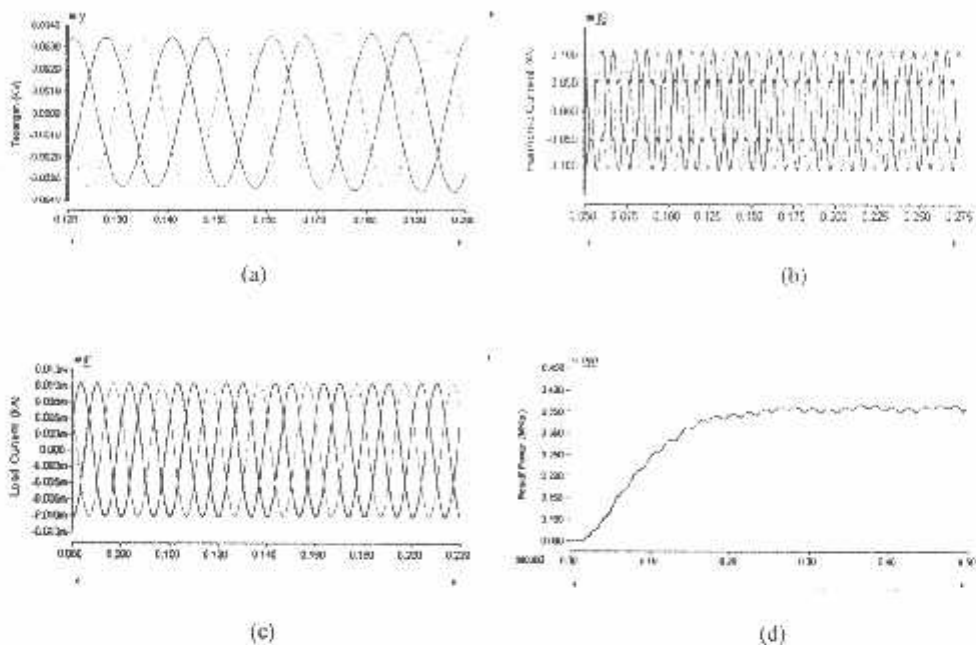
Dari grafik di atas, tampak bahwa bentuk gelombang tegangan yang tidak sinusoida karena pengaruh dari distorsi harmonisa sehingga dibangkitkan daya reaktif pada sumber dan beban sangat besar yaitu 0.542675. Besar nilai dari grafik tersebut dapat dilihat pada tabel 4.10. dibawah ini.

Tabel 4.10. Hasil Simulasi Tanpa Kompensasi *Harmonic Filter* ( HF ) dan *Static VAR Compensator* ( SVC )

BUS	Sebelum Dipasang Filter				
	Tegangan ( pu )	THD (%)	ORDER	MVAR	PF
MCC 52-MC-121	0.898732122	9.10	5	0.5038	85.00
MCC-52-MC-122	0.907884598	9.40	5	0.5794	85.00
MCC 52-MC-111	0.903396851	10.76	5	0.4510	90.10
MCC 52-MC-123	0.907436305	9.19	5	0.4358	85.00
MCC 52-MC-112	0.905840322	9.62	5	0.8132	86.00
MCC 52-MC-321	0.908654832	9.47	5	0.5820	86.40
MCC 52-MC-322	0.905167433	8.41	7	0.4696	85.20
MCC 52-MC-221	0.901506222	8.91	5	0.5066	91.70

4.4.2. Hasil Simulasi Setelah Kompensasi

4.4.2.1. Kompensasi *Harmonic Filter* ( HF )



Grafik 4.3. (a) Bentuk Gelombang Tegangan (V), (b) Bentuk Gelombang Harmonic Arus pada Sumber, (c) Gelombang Arus Pada Beban, (d) Daya Reaktif Pada Beban,

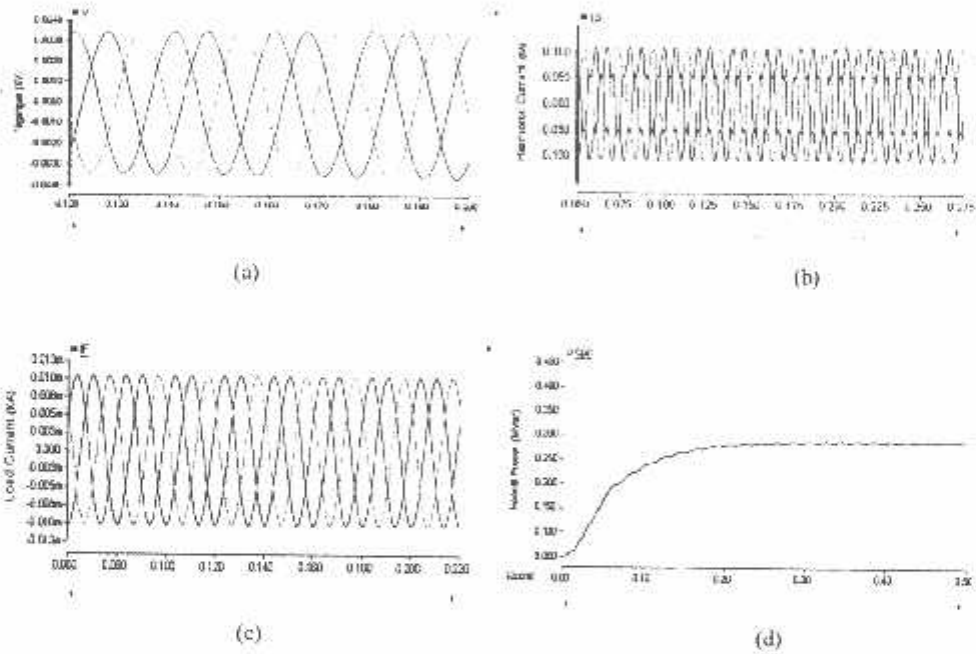
Dari grafik di atas, tampak bahwa bentuk gelombang tegangan setelah diberi kompensasi filter harmonik bentuk gelombang menjadi sinusoida sehingga arus dan daya reaktif yang terbangkit pada sistem dapat turun dari 0.542675 menjadi 0.410425, dan meningkatkan factor daya dari 0.86 menjadi 0.91 pada sistem tersebut. Besar nilai dari grafik tersebut dapat dilihat pada tabel 4.11 dibawah ini.



Tabel 4.11. Hasil Simulasi Kompensasi *Harmonic Filter* ( HF )

BUS	Setelah Kompensasi Filter				
	Tegangan ( pu )	THD (%)	ORDER	MVAR	PF
MCC-52-MC-121	0.983867892	4.04	7	0.3863	87.51
MCC-52-MC-122	0.992135083	3.99	7	0.4182	90.90
MCC 52-MC-111	0.988627794	4.19	5	0.4030	93.60
MCC 52-MC-123	0.984704247	4.42	7	0.2424	86.10
MCC 52-MC-112	0.988570198	4.67	5	0.3349	90.50
MCC 52-MC-321	0.989084531	4.89	7	0.5666	91.80
MCC 52-MC-322	0.991882251	4.55	7	0.4254	88.20
MCC 52-MC-221	0.983292246	4.35	5	0.4798	92.90

4.4.2.2. Kompensasi *Static VAR Compensator* (SVC) Setelah Di Kompensasi *Harmonic Filter* ( HF )



Grafik 4.4. (a) Bentuk Gelombang Tegangan (V), (b) Bentuk Gelombang Harmonic Arus pada Sumber, (c) Gelombang Arus Pada Beban, (d) Daya Reaktif Pada Beban.

Dari grafik di atas, tampak bahwa setelah diberi kompensasi SVC bentuk gelombang tegangan dan arus bernilai konstan dan daya reaktif yang terbangkit

pada sistem dapat menjadi lebih turun dari 0.410425 MVar menjadi 0.283938 MVar. Sehingga factor daya pada sistem lebih meningkat dari 0.91 menjadi 0.93. Besar nilai dari grafik tersebut dapat dilihat pada tabel 4.12 dibawah ini.

Tabel 4.12. Hasil Simulasi Kompensasi SVC Setelah Kompensasi HF (*Harmonic Filter*)

BUS	Sesudah Dipasang Filter dan SVC				
	Tegangan ( pu )	THD (%)	ORDER	MVAR	PF
MCC-52-MC-121	0.983353916	4.24	7	0.2946	92.70
MCC-52-MC-122	0.988595529	4.33	7	0.2458	93.70
MCC 52-MC-111	0.998522263	4.56	5	0.2141	94.50
MCC 52-MC-123	0.984464332	4.60	7	0.1417	89.20
MCC 52-MC-112	0.995622659	4.94	5	0.3135	93.70
MCC 52-MC-321	0.987765933	4.98	7	0.4921	96.40
MCC 52-MC-322	0.998363287	4.57	7	0.1395	91.02
MCC 52-MC-221	0.983268196	4.41	5	0.4302	93.42

**4.4.3. Perbandingan Hasil Perhitungan dan Simulasi Sebelum Kompensasi dan Sesudah Kompensasi.**

**4.4.3.1. Perbandingan Tegangan Dan Faktor Daya Dengan dan Tanpa HF dan SVC**

Tabel 4.13. Perbandingan Tegangan dan Faktor Daya Dengan dan Tanpa Kompensasi HF

BUS	Sebelum Dipasang Filter				Sesudah Dipasang Filter			
	Tegangan ( pu )	THD (%)	MVAR	PF	Tegangan ( pu )	THD (%)	MVAR	PF
MCC 52-MC-121	0.898732122	9.10	0.5038	85.00	0.983867894	4.04	0.3863	87.51
MCC-52-MC-122	0.907884598	9.40	0.5794	85.00	0.992135083	3.99	0.4182	90.90
MCC 52-MC-111	0.903396851	10.76	0.4510	90.10	0.998627794	4.19	0.4030	93.60
MCC 52-MC-123	0.907436305	9.19	0.4358	85.00	0.984704247	4.42	0.2424	86.10
MCC 52-MC-112	0.905840322	9.62	0.8132	86.00	0.988570198	4.67	0.3349	90.50
MCC 52-MC-321	0.908654832	9.47	0.5820	86.40	0.989084531	4.89	0.5666	91.80
MCC 52-MC-322	0.905167433	8.41	0.4696	85.20	0.991882251	4.55	0.4254	88.20
MCC 52-MC-221	0.901506222	8.91	0.5066	91.70	0.983292246	4.35	0.4798	92.90

**4.4.3.2. Perbandingan Tegangan Dan Faktor Daya Dengan SVC Setelah Di Kompensasi *Harmonic Filter* ( HF )**

Tabel 4.14. Perbandingan Tegangan dan Faktor Daya Dengan Kompensasi SVC Setelah Di Kompensasi HF (*Harmonic Filte* )

BUS	Sebelum Dipasang SVC				Sesudah Dipasang Filter dan SVC			
	Tegangan ( pu )	THD (%)	MVAR	PF	Tegangan ( pu )	THD (%)	MVAR	PF
MCC-52-MC-121	0.983867892	4.04	0.3863	87.51	0.983353916	4.24	0.2946	92.70
MCC-52-MC-122	0.992135083	3.99	0.4182	90.90	0.988595529	4.33	0.2458	93.70
MCC 52-MC-111	0.998627794	4.19	0.4030	93.60	0.998522263	4.56	0.2141	94.50
MCC 52-MC-123	0.984704247	4.42	0.2424	86.10	0.984464332	4.60	0.1417	89.20
MCC 52-MC-112	0.988570198	4.67	0.3349	90.50	0.995622659	4.94	0.3135	93.70
MCC 52-MC-321	0.989084531	4.89	0.5666	91.80	0.987765933	4.98	0.4921	96.40
MCC 52-MC-322	0.991882251	4.55	0.4254	88.20	0.998363287	4.57	0.1395	91.02
MCC 52-MC-221	0.983292246	4.35	0.4798	92.90	0.983268196	4.41	0.4302	93.42

Dari tabel 4.13 dan table 4.14 di atas, tampak bahwa terjadi penurunan daya reaktif dan pengurangan tegangan harmonisa setelah diberikan kompensasi *harmonic filter* dan SVC. Dengan menggunakan kompensasi *harmonic filter* maka harmonisa dapat direduksi hingga 3.99 % serta dapat memperbaiki profile tegangan dari 0.90 pu menjadi 0.99 pu. Sedangkan SVC dapat menurunkan daya reaktif dari 0.410425 MVar menjadi 0.283938 Mvar dan dapat meningkatkan faktor daya dari 0.91 menjadi 0.93.

Oleh sebab itu dari hasil pengujian penggunaan HF pada Distribusi tenaga listrik di kaltim-3 PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR mampu direduksi distorsi harmonik sebesar 6. %. Jika pemasangan HF ini dilakukan pada beban-beban yang sangat sensitif seperti beban-beban industri yang menggunakan peralatan inverter dan motor-motor listrik dimana sistem ini berpeluang besar

sekali menimbulkan distorsi harmonik maka akan dirasakan kompensasi yang jauh lebih besar. Sedangkan *Harmonic Filter* ( HF ) dan *Static VAR Compensator* (SVC) sendiri dapat meningkatkan performansi system distribusi tenaga listrik di kaltim-3 PT. Pupuk Kaltim.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

1. Dengan Kompensasi *Harmonic Filter* dapat mereduksi *Harmonic Distorsion* pada sistem tersebut dari 9.00% menjadi  $\leq 5.00\%$ .
2. *Harmonic Filter* dapat memperbaiki profile tegangan hingga mencapai 0.99 pu.
3. Dengan Kompensasi *Harmonic Filter* dan SVC dapat menurunkan Daya Reaktif dari 0.5426 MVar menjadi 0.2839 MVar.
4. Penggunaan *Harmonic Filter* dan *Static VAR Compensator* dapat meningkatkan performansi sistem distribusi tenaga listrik di Kaltim-3 PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR.

#### 5.2 Saran

Bahwa system tenaga listrik di Indonesia khususnya PT. Pupuk Kalimantan Timur, perlu meningkatkan kualitas daya elektrik dengan mengurangi seperti telah dijabarkan dalam skripsi ini, yaitu penggunaan *Harmonic Filter* (HF) dan SVC yang dapat meningkatkan performansi system distribusi tenaga listrik di kaltim-3 PT. Pupuk Kalimantan Timur.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agus Purwadi, Kabag. Teknik/ Pengolahan di Kaltim-3 PT. Pupuk Kaltim
- [2] Basri, Hasan, *Sistem Distribusi Daya Listrik* (Jakarta : ISTN, 1997).
- [3] Djiteng, Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik* (Jakarta : ISTN, 1990).
- [4] J. Arrillaga, D.A. Bradley dan P.S. Brodger, "*Power System Harmonics*", Jhon Wiley & Sons, 1985.
- [5] Roger C. D., Mark F., McGragnaghan dan H. Wayne Beaty, "*Electrical Power System Quality*", McGraw-Hill, New York, 1996.
- [6] Saadat, Hadi. "*Power System Analysis*", Singapore: McGraw Hill Inc, 1999, p.20.
- [7] .Dr. Shaahin Filizadeh "*Disegen and implemetation of vector PWM Control*."
- [8] William D. Stevensen. JR "*desigen and impelementation of solid power faktor corection*"
- [9] <http://www.static-var-compensator-scapsilocs/ener.html>



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama Mahasiswa : ABDUL SOMAD

NIM : 03.12.024

Jurusan : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Judul Skripsi : "ANALISA PEMASANGAN FILTER HARMONIK DAN  
SVC ( *STATIC VAR COMPENSATOR* ) UNTUK  
PERBAIKAN PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR  
DAYA DI PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR  
MENGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD POWER  
SYSTEM SIMULATION*"

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari : Rabu

Tanggal : 24 September 2008

Dengan Nilai : 80.40 (A) *By*



(Ir. Mochtar Asroni, MSME)  
NIP.Y. 1018100036

Panitia Ujian Skripsi

Sekretaris



(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)  
NIP.Y. 1039500274

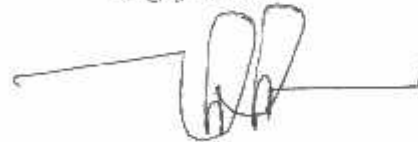
Anggota Penguji

Penguji Pertama



(Bambang Prio Hartono, ST, MT)  
NIP. Y. 1028400082

Penguji Kedua



(Ir. M. Abdul Hamid, MT)  
NIP. Y. 1018800188



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK

**PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI**

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1)  
yang diselenggarakan pada :

Hari : Rabu  
Tanggal : 24 September 2008

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Abdul Somad
2. NIM : 03.120.24
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : ANALISA PEMASANGAN FILTER HARMONIK  
DAN SVC (STATIC VAR COMPENSATOR) UNTUK  
PERBAIKAN PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR  
DAYA DI PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR  
MENGUNAKAN SOFTWARE PSCAD POWER  
SYSTEM SIMULATION.

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket.
1.	Abstraksi Diperbaiki	✓
2.	Latar Belakang diperbaiki	✓
3.	Kontribusi Tidak Ada	✓
4.	Rumusan Masalah Diganti	✓
5.	Hal 44-64	✓
6.	Bab IV Pembahasan Belum Ada	✓

Anggota Penguji

(Bambang Prio Hartono, ST, MT)  
NIP. Y. 1028400082

Dosen Pembimbing I

(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)  
NIP. Y. 1018800189

Dosen Pembimbing II

(Ir. Choirul Saleh, MT)  
NIP. Y. 1018800190





INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK

**PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI**

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1)  
yang diselenggarakan pada :

Hari : Rabu  
Tanggal : 24 September 2008

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

1. Nama : Abdul Somad
2. NIM : 03.120.24
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : ANALISA PEMASANGAN FILTER HARMONIK  
DAN SVC (*Static VAR Compensator*) UNTUK  
PERBAIKAN PROFILE TEGANGAN DAN FAKTOR  
DAYA DI PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR  
MENGUNAKAN SOFTWARE PSCAD POWER  
SYSTEM SIMULATION.

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket.
1.	Gambar Grafik Diberi Keterangan	
2.	Kesimpulan Diperbaiki	
3.	Tabel-Tabel Diperbaiki	
4.	Dan lain-lain	

Anggota Penguji

(Ir. M. Abdul Hamid, MT)  
NIP. Y. 1018800188

Dosen Pembimbing I

(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)  
NIP.Y. 1018800189

Dosen Pembimbing II

(Ir. Choirul Saleh, MT)  
NIP.Y. 1018800190



## BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/Teknik Elektronika\*)

1.	Nama Mahasiswa:	AEIDUL SOMAD	Nim:	03.12.029
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu	Tempat
	Pelaksanaan	23-06-2008		Ruang:
3.	Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)			
	a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Elektronika & Komponen		
	b. Energi & Konversi Energi	f. Elektronika Digital & Komputer		
	c. Tegangan Tinggi & Pengukuran	g. Elektronika Komunikasi		
	d. Sistem Kendali Industri	h. lainnya		
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	ANALISA PEMANGGAWAN FULFIRE, KABELUNG, DAN SVS (STATIC VAR COMPENSATOR) UNTUK PERBAIKAN PROFIL LEGANAWAN DAN FAKTOR DAYA DI PT. DIPIN KALIMANTAN TUNJUK MENGEKONOMKAN SUMBANG PISCAD AN		
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian			
6.	Catatan:			
7.	Catatan:			
	Persetujuan Judul Skripsi			
	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II		
	Mengetahui, Ketua Jurusan.	Disetujui, Caion Dosen Pembimbing ybs		
		Pembimbing I	Pembimbing II	
	Ir. F. Yudi Limpraptono, MT NIP. P. 1039500274	Ir. Yudi Ismail Muchada, MT (NIP. Y. 1018800180)	Ir. Chairul Shaleh, MT (NIP. Y. 1018800190)	

Perhatian:

1. Keterangan: \*) Coret yang tidak perlu

\*\*) dilingkari a, b, c, ..... atau g sesuai bidang keahlian

Form S-3c

## SURAT PERMOHONAN IZIN

Kepada : Yth. Ka Lab. Simulasi Sistem  
Tenaga Elektrik ( SSTE )  
Bpk. Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
Di tempat

Dengan Hormat,

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :


Nama : Abdul Somad  
Nim : 03.12.024  
Jurusan : Teknik Energi Listrik ( S-1 )

Dengan penyusunan skripsi saya yang berhubungan dengan program *PSCAD*,  
maka dengan ini saya memohon izin untuk dapat melakukan percobaan di lab.  
**SIMULASI SISTEM TENAGA ELEKTRIK ( SSTE ) ITN MALANG.**

Demikian surat permohonan izin ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Atas  
perhatiannya saya ucapkan banyak terima kasih.

Mengetahui


Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

  
( Ir. F. Yudi Limpraptono, MT )  
NIP.P. 1039500274

  
Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
NIP. Y. 1018800189

Malang, 5 juli 2008

Pemohon

  
( Abdul Somad )  
NIM. 03.12.024



## Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA : Abdul Womad.  
NIM :  
Perbaikan meliputi :

- Abstrak diperbaiki
  - tabel belakang di perbaiki
  - kontribusi tidak ada.
  - Rumusan masalah diganti
- Daftar pustaka tidak ada.

hal 44 - hal 64

DAFTAR IV Pembahasan Belum Ada.

Malang, 22 - 9 - 2008.

( \_\_\_\_\_ )



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

### Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam pelaksanaan Ujian Skripsi Janjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T. Energi Listrik / T. Elektronika / T. Infokom, maka perlu adanya perbaikan skripsi untuk mahasiswa :

NAMA

Abdul Somad


NIM

0312024

Perbaikan meliputi

- Gambar grafik di beri Keterangan
- Kesimpulan di perbaiki.
- Tabel : di perbaiki.
- dll.

Malang, 24 Sep 2008

(  )



RSERO MALANG  
IAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunling) Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417638 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 07 Agt, 2008

nor : ITN-246/I.TA/2/08  
ipiran : -  
hal : BIMBINGAN SKRIPSI

ada : Yth. Sdr. **IR. YUSUF ISMAIL NAKHODA, MT**  
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Dosen Pembimbing  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
di  
Malang

Dengan hormat  
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi  
Untuk Mahasiswa :

Nama : ABDUL SOMAD  
Nim : 0312024  
Fakultas : Teknologi Industri  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya  
kepada Saudara/i selama masa waktu (enam ) 6 bulan, terhitung mulai  
tanggal :

03 Mei 2008 s/d 03 Nopember 2008

Sebagai satu syarat untuk menempuh ujian Sarjana Teknik,  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan  
terima kasih



Ketua Jurusan  
Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT  
Nip. Y. 1039500274

Tembusan Kepada Yth :

1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip

Form. S 4a



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PERSERO MALANG  
NIAGA MALANG

Kampus I : J. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax: (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : J. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax (0341) 417634 Malang

Malang, 07 Agt, 2008

nomor : ITN-245/I.TA/2/08  
inspirasi : -  
rihal : BIMBINGAN SKRIPSI

pada : Yth. Sdr. **IR. H. CHOIRUL SALEH, MT**  
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Dosen Pembimbing  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
di  
Malang

Dengan hormat  
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi  
Untuk Mahasiswa :

Nama : ABDUL SOMAD  
Nim : 0312024  
Fakultas : Teknologi Industri  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya  
kepada Saudara/i selama masa waktu (enam ) 6 bulan, terhitung mulai  
tanggal :

03 Mei 2008 s/d 03 Nopember 2008

Sebagai satu syarat untuk menempuh ujian Sarjana Teknik,  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan  
terima kasih



Ketua Jurusan  
Teknik Elektro S-1

*[Signature]*  
Ir. F. Yudi Limpraptono, MT  
Nip. Y. 1039500274

Tembusan Kepada Yth :

1. Mahasiswa Yang bersangkutan
2. Arsip

Form. S 4a

Nomor : 556 /PSDM/IV2008  
Lamp. :  
Perihal : Pengambilan data / Penelitian

Tanggal, 01 April 2008

Kepada Yth.  
Dekan  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Nasional Malang  
Jl. Bendungan Sigura-gura No.2  
Telp. 0341-551431, Fax : 0341-553015  
MALANG, 65145

Up. Ir. Mochtar Asroni, MSME.

Dengan hormat,

Menunjuk surat Saudara No: ITN-565/III.TA-2/2/08 tertanggal 10 Maret 2008 perihal tersebut diatas, dengan ini kami sampaikan bahwa pada prinsipnya Mahasiswa Saudara dapat kami peruhi untuk melaksanakan Penelitian / Pengambilan Data di PT. Pupuk Kalimantan Timur, atas nama :

No	N A M A	N I M	JURUSAN
01.	Abdul Somad	03.12.024	Teknik Elektro

Untuk melakukan pengambilan data / penelitian dalam rangka penyusunan Tugas Akhir, adapun pelaksanaannya terhitung mulai tanggal : 01 s/d 04 April 2008.

Sehubungan dengan hal tersebut, kami mengharap kerjasamanya untuk menjamin penggunaan data yang diperoleh dari PT. Pupuk Kaltim tidak digunakan untuk kepentingan lain.

Demi tertibnya administrasi kami mengharap agar memberikan konfirmasi dapat / tidaknya memenuhi jadwal yang kami berikan tersebut dan ditujukan ke Bagian Diklat PT. Pupuk Kaltim. Apabila dalam waktu 2 (dua) minggu setelah surat ini tidak ada konfirmasi maka dinyatakan tidak bersedia.

Demikian kami sampaikan, atas perhatiannya diucapkan terima kasih.

PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR  
DEPT. PENGEMBANGAN SDM.  
Kepala,



Ir. Sunaryo Broto, MM.  
NPK. 9203276

Tembusan :

- Pertiinggal

SB/Mch/Bg/jn



**TABEL HASIL PENGUKURAN TOTAL HARMONIC DISTORTION ( THD )  
DI KALTIM-3  
PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR**

BUS	KV	Vrms	Irms	THD ( % )	Order	PF
MCC 52-MC-121	0.525	0.51	25.50	9.37	5	88.23
MCC 52-MC-122	0.525	0.51	27.14	9.41	5	83.53
MCC 52-MC-123	0.525	0.52	6.70	9.20	5	85.16
MCC 52-MC-321	0.525	0.50	36.76	9.50	5	86.36
MCC 52-MC-322	0.400	0.42	52.73	8.40	5	87.43
MCC 52-MC-221	0.400	0.40	72.48	8.94	5	93.88

Pengukuran dilakukan pada bus tiap-tiap beban yang dianggap penghasil harmonisa terbesar yaitu peralatan yang mempunyai drive Di KALTIM-3 PT. PUPUK KALIMANTAN TIMUR

BONTANG, 04 APRIL 2008

KEPALA DEPARTEMEN  
PEMELIHARAAN  
LISTRIK INSTRUMENT

**PUPUK KALTIM**

( H. MUJIARTO, BE )  
NPK : 8200999

KABAG  
Listrik Kaltim 3-4



( AGUS PURWADI )  
NPK : 9003165

TEKNISI  
Listrik Kaltim 3



( SUPONO )  
NPK : 8200787

Generated by : PSCAD v4.2.0

Warning: The content of this file is automatically generated.  
Do not modify, as any changes made here will be lost!

# Local Node Voltages

## VOLTAGES:

1	0.0	// NT_1
2	0.0	// NT_2(1)
3	0.0	// NT_2(2)
4	0.0	// NT_2(3)
5	0.0	// NT_3(1)
6	0.0	// NT_3(2)
7	0.0	// NT_3(3)
8	0.0	// NT_4(1)
9	0.0	// NT_4(2)
10	0.0	// NT_4(3)
11	0.0	// NT_5(1)
12	0.0	// NT_5(2)
13	0.0	// NT_5(3)
14	0.0	// NT_6(1)
15	0.0	// NT_6(2)
16	0.0	// NT_6(3)
17	0.0	// NT_7(1)
18	0.0	// NT_7(2)
19	0.0	// NT_7(3)
20	0.0	// BUS_52_MC_121(1)
21	0.0	// BUS_52_MC_121(2)
22	0.0	// BUS_52_MC_121(3)
23	0.0	// NT_8(1)
24	0.0	// NT_8(2)
25	0.0	// NT_8(3)
26	0.0	// NT_9(1)
27	0.0	// NT_9(2)
28	0.0	// NT_9(3)
29	0.0	// NT_10(1)
30	0.0	// NT_10(2)
31	0.0	// NT_10(3)
32	0.0	// NT_11(1)
33	0.0	// NT_11(2)
34	0.0	// NT_11(3)
35	0.0	// NT_12(1)
36	0.0	// NT_12(2)
37	0.0	// NT_12(3)
38	0.0	// BUS_52_MC_122(1)
39	0.0	// BUS_52_MC_122(2)
40	0.0	// BUS_52_MC_122(3)
41	0.0	// NT_13(1)
42	0.0	// NT_13(2)
43	0.0	// NT_13(3)
44	0.0	// NT_14(1)
45	0.0	// NT_14(2)
46	0.0	// NT_14(3)
47	0.0	// NT_15(1)
48	0.0	// NT_15(2)
49	0.0	// NT_15(3)
50	0.0	// NT_16(1)
51	0.0	// NT_16(2)
52	0.0	// NT_16(3)
53	0.0	// NT_17(1)
54	0.0	// NT_17(2)
55	0.0	// NT_17(3)
56	0.0	// 6.9KV_52_MC_111(1)
57	0.0	// 6.9KV_52_MC_111(2)
58	0.0	// 6.9KV_52_MC_111(3)
59	0.0	// NT_18(1)

60	0.0	// NT_18(2)
61	0.0	// NT_18(3)
62	0.0	// NT_19(1)
63	0.0	// NT_19(2)
64	0.0	// NT_19(3)
65	0.0	// NT_20(1)
66	0.0	// NT_20(2)
67	0.0	// NT_20(3)
68	0.0	// NT_21(1)
69	0.0	// NT_21(2)
70	0.0	// NT_21(3)
71	0.0	// NT_22(1)
72	0.0	// NT_22(2)
73	0.0	// NT_22(3)
74	0.0	// 525V_52_MC_123(1)
75	0.0	// 525V_52_MC_123(2)
76	0.0	// 525V_52_MC_123(3)
77	0.0	// NT_23(1)
78	0.0	// NT_23(2)
79	0.0	// NT_23(3)
80	0.0	// NT_24(1)
81	0.0	// NT_24(2)
82	0.0	// NT_24(3)
83	0.0	// NT_25(1)
84	0.0	// NT_25(2)
85	0.0	// NT_25(3)
86	0.0	// NT_26(1)
87	0.0	// NT_26(2)
88	0.0	// NT_26(3)
89	0.0	// NT_27(1)
90	0.0	// NT_27(2)
91	0.0	// NT_27(3)
92	0.0	// 6.6KV_52_MC_112(1)
93	0.0	// 6.6KV_52_MC_112(2)
94	0.0	// 6.6KV_52_MC_112(3)
95	0.0	// NT_29(1)
96	0.0	// NT_29(2)
97	0.0	// NT_29(3)
98	0.0	// NT_30(1)
99	0.0	// NT_30(2)
100	0.0	// NT_30(3)
101	0.0	// NT_32
102	0.0	// NT_33
103	0.0	// NT_34
104	0.0	// NT_35
105	0.0	// NT_36
106	0.0	// NT_37
107	0.0	// NT_38
108	0.0	// NT_39
109	0.0	// NT_40
110	0.0	// NT_41
111	0.0	// NT_42
112	0.0	// NT_46(1)
113	0.0	// NT_46(2)
114	0.0	// NT_46(3)
115	0.0	// NT_47(1)
116	0.0	// NT_47(2)
117	0.0	// NT_47(3)
118	0.0	// NT_48(1)
119	0.0	// NT_48(2)
120	0.0	// NT_48(3)
121	0.0	// 525V_52_MC_321(1)
122	0.0	// 525V_52_MC_321(2)
123	0.0	// 525V_52_MC_321(3)
124	0.0	// NT_49(1)
125	0.0	// NT_49(2)
126	0.0	// NT_49(3)
127	0.0	// 400_52_MC_322(1)
128	0.0	// 400_52_MC_322(2)
129	0.0	// 400_52_MC_322(3)
130	0.0	// NT_50(1)

131 0.0 // NT\_50(2)  
132 0.0 // NT\_50(3)  
133 0.0 // NT\_51(1)  
134 0.0 // NT\_51(2)  
135 0.0 // NT\_51(3)  
136 0.0 // 6.9KV\_52\_MC\_311(1)  
137 0.0 // 6.9KV\_52\_MC\_311(2)  
138 0.0 // 6.9KV\_52\_MC\_311(3)  
139 0.0 // NT\_52(1)  
140 0.0 // NT\_52(2)  
141 0.0 // NT\_52(3)  
142 0.0 // NT\_53(1)  
143 0.0 // NT\_53(2)  
144 0.0 // NT\_53(3)  
145 0.0 // NT\_54(1)  
146 0.0 // NT\_54(2)  
147 0.0 // NT\_54(3)  
148 0.0 // NT\_55(1)  
149 0.0 // NT\_55(2)  
150 0.0 // NT\_55(3)  
151 0.0 // 400V\_52\_MC\_221(1)  
152 0.0 // 400V\_52\_MC\_221(2)  
153 0.0 // 400V\_52\_MC\_221(3)  
154 0.0 // NT\_56(1)  
155 0.0 // NT\_56(2)  
156 0.0 // NT\_56(3)  
157 0.0 // NT\_57(1)  
158 0.0 // NT\_57(2)  
159 0.0 // NT\_57(3)  
160 0.0 // BUS\_52\_MC\_101(1)  
161 0.0 // BUS\_52\_MC\_101(2)  
162 0.0 // BUS\_52\_MC\_101(3)  
163 0.0 // NT\_58(1)  
164 0.0 // NT\_58(2)  
165 0.0 // NT\_58(3)  
166 0.0 // NT\_59(1)  
167 0.0 // NT\_59(2)  
168 0.0 // NT\_59(3)  
169 0.0 // NT\_66(1)  
170 0.0 // NT\_66(2)  
171 0.0 // NT\_66(3)  
172 0.0 // NT\_76(1)  
173 0.0 // NT\_76(2)  
174 0.0 // NT\_76(3)  
175 0.0 // NT\_88(1)  
176 0.0 // NT\_88(2)  
177 0.0 // NT\_88(3)  
178 0.0 // NT\_92(1)  
179 0.0 // NT\_92(2)  
180 0.0 // NT\_92(3)  
181 0.0 // NT\_98(1)  
182 0.0 // NT\_98(2)  
183 0.0 // NT\_98(3)  
184 0.0 // NT\_100(1)  
185 0.0 // NT\_100(2)  
186 0.0 // NT\_100(3)  
187 0.0 // NT\_105(1)  
188 0.0 // NT\_105(2)  
189 0.0 // NT\_105(3)  
190 0.0 // NT\_106(1)  
191 0.0 // NT\_106(2)  
192 0.0 // NT\_106(3)

!-----  
! Local Branch Data  
!-----  
BRANCHES:  
166 1 RS 1000000.0 // 1 NT\_59(1) NT\_1  
167 1 RS 1000000.0 // 1 NT\_59(2) NT\_1  
168 1 RS 1000000.0 // 1 NT\_59(3) NT\_1

0	166	RS	1000000.0			// 1	GND	NT_59(1)
0	167	RS	1000000.0			// 1	GND	NT_59(2)
0	168	RS	1000000.0			// 1	GND	NT_59(3)
166	1	RC	5000.0	0.05		// 1	NT_59(1)	NT_1
167	1	RC	5000.0	0.05		// 1	NT_59(2)	NT_1
168	1	RC	5000.0	0.05		// 1	NT_59(3)	NT_1
0	166	RC	5000.0	0.05		// 1	GND	NT_59(1)
0	167	RC	5000.0	0.05		// 1	GND	NT_59(2)
0	168	RC	5000.0	0.05		// 1	GND	NT_59(3)
0	163	RE	0.002			// 1	GND	NT_58(1)
0	164	RE	0.002			// 1	GND	NT_58(2)
0	165	RE	0.002			// 1	GND	NT_58(3)
190	160	A				// 2	NT_106(1)	BUS_52_MC_101(1)
191	161	A				// 2	NT_106(2)	BUS_52_MC_101(2)
192	162	A				// 2	NT_106(3)	BUS_52_MC_101(3)
0	189	RS	1.0			// 2	GND	NT_105(3)
0	188	RS	1.0			// 2	GND	NT_105(2)
0	187	RS	1.0			// 2	GND	NT_105(1)
189	192	RS	1000000.0			// 2	NT_105(3)	NT_106(3)
188	191	RS	1000000.0			// 2	NT_105(2)	NT_106(2)
187	190	RS	1000000.0			// 2	NT_105(1)	NT_106(1)
159	162	RS	1000000.0			// 2	NT_57(3)	BUS_52_MC_101(3)
17	0	RS	1.0			// 2	NT_7(1)	GND
18	0	RS	1.0			// 2	NT_7(2)	GND
19	0	RS	1.0			// 2	NT_7(3)	GND
160	169	RS	1000000.0			// 2	BUS_52_MC_101(1)	NT_66(1)
161	170	RS	1000000.0			// 2	BUS_52_MC_101(2)	NT_66(2)
162	171	RS	1000000.0			// 2	BUS_52_MC_101(3)	NT_66(3)
158	161	RS	1000000.0			// 2	NT_57(2)	BUS_52_MC_101(2)
157	160	RS	1000000.0			// 2	NT_57(1)	BUS_52_MC_101(1)
154	157	A				// 2	NT_56(1)	NT_57(1)
155	158	A				// 2	NT_56(2)	NT_57(2)
156	159	A				// 2	NT_56(3)	NT_57(3)
129	186	RS	1000000.0			// 2	400_52_MC_322(3)	NT_100(3)
128	185	RS	1000000.0			// 2	400_52_MC_322(2)	NT_100(2)
127	184	RS	1000000.0			// 2	400_52_MC_322(1)	NT_100(1)
123	183	RS	1000000.0			// 2	525V_52_MC_321(3)	NT_98(3)
122	182	RS	1000000.0			// 2	525V_52_MC_321(2)	NT_98(2)
121	181	RS	1000000.0			// 2	525V_52_MC_321(1)	NT_98(1)
160	172	RS	1000000.0			// 2	BUS_52_MC_101(1)	NT_76(1)
161	173	RS	1000000.0			// 2	BUS_52_MC_101(2)	NT_76(2)
162	174	RS	1000000.0			// 2	BUS_52_MC_101(3)	NT_76(3)
133	0	RS	1.0			// 2	NT_51(1)	GND
134	0	RS	1.0			// 2	NT_51(2)	GND
135	0	RS	1.0			// 2	NT_51(3)	GND
130	0	RS	1.0			// 2	NT_50(1)	GND
131	0	RS	1.0			// 2	NT_50(2)	GND
132	0	RS	1.0			// 2	NT_50(3)	GND
109	107	RC	5000.0	0.05		// 2	NT_40	NT_38
109	107	RS	1000000.0			// 2	NT_40	NT_38
107	108	RC	5000.0	0.05		// 2	NT_38	NT_39
107	108	RS	1000000.0			// 2	NT_38	NT_39
111	108	RC	5000.0	0.05		// 2	NT_42	NT_39
111	108	RS	1000000.0			// 2	NT_42	NT_39
109	111	RC	5000.0	3.05		// 2	NT_40	NT_42
109	111	RS	1000000.0			// 2	NT_40	NT_42
111	106	RC	5000.0	3.05		// 2	NT_42	NT_37
175	92	RL	3.738798	0.088		// 2	NT_88(1)	6.6KV_52_MC_112(1)
176	93	RL	3.738798	0.088		// 2	NT_88(2)	6.6KV_52_MC_112(2)
177	94	RL	3.738798	0.088		// 2	NT_88(3)	6.6KV_52_MC_112(3)
95	160	RL	0.15165	0.000373		// 2	NT_29(1)	BUS_52_MC_101(1)
96	161	RL	0.15165	0.000373		// 2	NT_29(2)	BUS_52_MC_101(2)
97	162	RL	0.15165	0.000373		// 2	NT_29(3)	BUS_52_MC_101(3)
0	178	RLC	1.936e-012	9.24371909478e-013	1.0961084235e+013	// 2	GND	NT_92(1)
0	179	RLC	1.936e-012	9.24371909478e-013	1.0961084235e+013	// 2	GND	NT_92(2)
0	180	RLC	1.936e-012	9.24371909478e-013	1.0961084235e+013	// 2	GND	NT_92(3)
92	178	RS	1000000.0			// 2	6.6KV_52_MC_112(1)	NT_92(1)
93	179	RS	1000000.0			// 2	6.6KV_52_MC_112(2)	NT_92(2)
94	180	RS	1000000.0			// 2	6.6KV_52_MC_112(3)	NT_92(3)
0	178	RLC	1.936e-012	9.24371909478e-013	1.0961084235e+013	// 2	GND	NT_92(1)
0	179	RLC	1.936e-012	9.24371909478e-013	1.0961084235e+013	// 2	GND	NT_92(2)

		RLC	1.936e-012	9.24371905478e-013	1.0961384235e+013	// 2	GND NT_52(3)
0	180						
98	112	RL	6.61	0.0012		// 2 NT_30(1) NT_46(1)	
99	113	RL	6.61	0.0012		// 2 NT_30(2) NT_46(2)	
100	114	RL	6.61	0.0012		// 2 NT_30(3) NT_46(3)	
112	92	A				// 2 NT_46(1) 6.6KV_52 MC_112(1)	
113	93	A				// 2 NT_46(2) 6.6KV_52 MC_112(2)	
114	94	A				// 2 NT_46(3) 6.6KV_52 MC_112(3)	
101	111	A				// 2 NT_32 NT_42	
111	106	RS	1000000.0			// 2 NT_42 NT_37	
103	104	RS	1000000.0			// 2 NT_34 NT_35	
103	104	RC	5000.0	0.05		// 2 NT_34 NT_35	
104	102	RS	1000000.0			// 2 NT_35 NT_33	
104	102	RC	5000.0	0.05		// 2 NT_35 NT_33	
111	102	RS	1000000.0			// 2 NT_42 NT_33	
111	102	RC	5000.0	0.05		// 2 NT_42 NT_33	
103	111	RS	1000000.0			// 2 NT_34 NT_42	
103	111	RC	5000.0	0.05		// 2 NT_34 NT_42	
110	106	RC	5000.0	0.05		// 2 NT_41 NT_37	
110	106	RS	1000000.0			// 2 NT_41 NT_37	
105	110	RS	1000000.0			// 2 NT_36 NT_41	
105	110	RC	5000.0	0.05		// 2 NT_36 NT_41	
105	111	RS	1000000.0			// 2 NT_36 NT_42	
105	111	RC	5000.0	0.05		// 2 NT_36 NT_42	
105	106	R	20.0			// 2 NT_36 NT_37	
109	108	R	20.0			// 2 NT_40 NT_39	
111	112	L		0.005		// 2 NT_42 NT_44	
110	113	L		0.005		// 2 NT_41 NT_43	
103	102	R	20.0			// 2 NT_34 NT_33	
103	102	C			500.0	// 2 NT_34 NT_33	
104	114	L		0.005		// 2 NT_35 NT_45	
89	92	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_27(1) 6.6KV_52 MC_112(1)	
90	93	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_27(2) 6.6KV_52 MC_112(2)	
91	94	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_27(3) 6.6KV_52 MC_112(3)	
105	106	C			500.0	// 2 NT_36 NT_37	
86	92	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_26(1) 6.6KV_52 MC_112(1)	
87	93	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_26(2) 6.6KV_52 MC_112(2)	
88	94	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_26(3) 6.6KV_52 MC_112(3)	
83	92	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_25(1) 6.6KV_52 MC_112(1)	
84	93	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_25(2) 6.6KV_52 MC_112(2)	
85	94	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_25(3) 6.6KV_52 MC_112(3)	
80	92	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_24(1) 6.6KV_52 MC_112(1)	
81	93	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_24(2) 6.6KV_52 MC_112(2)	
82	94	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_24(3) 6.6KV_52 MC_112(3)	
77	160	RL	0.15165	0.000373		// 2 NT_23(1) BUS_52 MC_101(1)	
78	161	RL	0.15165	0.000373		// 2 NT_23(2) BUS_52 MC_101(2)	
79	162	RL	0.15165	0.000373		// 2 NT_23(3) BUS_52 MC_101(3)	
71	74	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_22(1) 525V_52 MC_123(1)	
72	75	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_22(2) 525V_52 MC_123(2)	
73	76	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_22(3) 525V_52 MC_123(3)	
68	74	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_21(1) 525V_52 MC_123(1)	
69	75	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_21(2) 525V_52 MC_123(2)	
70	76	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_21(3) 525V_52 MC_123(3)	
65	74	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_20(1) 525V_52 MC_123(1)	
66	75	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_20(2) 525V_52 MC_123(2)	
67	76	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_20(3) 525V_52 MC_123(3)	
62	74	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_19(1) 525V_52 MC_123(1)	
63	75	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_19(2) 525V_52 MC_123(2)	
64	76	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_19(3) 525V_52 MC_123(3)	
109	108	C			500.0	// 2 NT_40 NT_39	
115	160	RL	0.15165	0.000373		// 2 NT_47(1) BUS_52 MC_101(1)	
116	161	RL	0.15165	0.000373		// 2 NT_47(2) BUS_52 MC_101(2)	
117	162	RL	0.15165	0.000373		// 2 NT_47(3) BUS_52 MC_101(3)	
118	136	RL	0.15165	0.000373		// 2 NT_48(1) 6.9KV_52 MC_311(1)	
119	137	RL	0.15165	0.000373		// 2 NT_48(2) 6.9KV_52 MC_311(2)	
120	138	RL	0.15165	0.000373		// 2 NT_48(3) 6.9KV_52 MC_311(3)	
124	136	RL	0.15165	0.000373		// 2 NT_49(1) 6.9KV_52 MC_311(1)	
125	137	RL	0.15165	0.000373		// 2 NT_49(2) 6.9KV_52 MC_311(2)	
126	138	RL	0.15165	0.000373		// 2 NT_49(3) 6.9KV_52 MC_311(3)	
130	181	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_50(1) NT_98(1)	
131	182	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_50(2) NT_98(2)	
132	183	RL	3.738798	0.089		// 2 NT_50(3) NT_98(3)	

130	0	R	7.35	
131	0	R	7.35	
132	0	R	7.35	
59	74	RL	3.738798	0.089
60	75	RL	3.738798	0.089
61	76	RL	3.738798	0.089
133	184	RL	3.738798	0.089
134	185	RL	3.738798	0.089
135	186	RL	3.738798	0.089
133	0	R	7.35	
134	0	R	7.35	
135	0	R	7.35	
53	172	RL	0.15165	0.000373
54	173	RL	0.15165	0.000373
55	174	RL	0.15165	0.000373
50	56	RL	3.738798	0.089
51	57	RL	3.738798	0.089
52	58	RL	3.738798	0.089
47	56	RL	3.738798	0.089
48	57	RL	3.738798	0.089
49	58	RL	3.738798	0.089
44	56	RL	3.738798	0.089
45	57	RL	3.738798	0.089
46	58	RL	3.738798	0.089
41	38	RL	3.738798	0.089
42	39	RL	3.738798	0.089
43	40	RL	3.738798	0.089
35	38	RL	3.738798	0.089
36	39	RL	3.738798	0.089
37	40	RL	3.738798	0.089
32	38	RL	3.738798	0.089
33	39	RL	3.738798	0.089
34	40	RL	3.738798	0.089
148	160	RL	0.15165	0.000373
149	161	RL	0.15165	0.000373
150	162	RL	0.15165	0.000373
139	151	RL	3.738798	0.089
140	152	RL	3.738798	0.089
141	153	RL	3.738798	0.089
142	151	RL	3.738798	0.089
143	152	RL	3.738798	0.089
144	153	RL	3.738798	0.089
145	151	RL	3.738798	0.089
146	152	RL	3.738798	0.089
147	153	RL	3.738798	0.089
29	38	RL	3.738798	0.089
30	39	RL	3.738798	0.089
31	40	RL	3.738798	0.089
26	38	RL	3.738798	0.089
27	39	RL	3.738798	0.089
28	40	RL	3.738798	0.089
23	169	RL	0.15165	0.000373
24	170	RL	0.15165	0.000373
25	171	RL	0.15165	0.000373
17	0	R	7.35	
18	0	R	7.35	
19	0	R	7.35	
17	20	RL	3.738798	0.089
18	21	RL	3.738798	0.089
19	22	RL	3.738798	0.089
14	20	RL	3.738798	0.089
15	21	RL	3.738798	0.089
16	22	RL	3.738798	0.089
11	20	RL	3.738798	0.089
12	21	RL	3.738798	0.089
13	22	RL	3.738798	0.089
8	20	RL	3.738798	0.089
9	21	RL	3.738798	0.089
10	22	RL	3.738798	0.089
5	20	RL	3.738798	0.089
6	21	RL	3.738798	0.089

// 2	NT_50(1)	GND
// 2	NT_50(2)	GND
// 2	NT_50(3)	GND
// 2	NT_18(1)	525V_52_MC_123(1)
// 2	NT_18(2)	525V_52_MC_123(2)
// 2	NT_18(3)	525V_52_MC_123(3)
// 2	NT_51(1)	NT_100(1)
// 2	NT_51(2)	NT_100(2)
// 2	NT_51(3)	NT_100(3)
// 2	NT_51(1)	GND
// 2	NT_51(2)	GND
// 2	NT_51(3)	GND
// 2	NT_17(1)	NT_76(1)
// 2	NT_17(2)	NT_76(2)
// 2	NT_17(3)	NT_76(3)
// 2	NT_16(1)	6.9KV_52_MC_111(1)
// 2	NT_16(2)	6.9KV_52_MC_111(2)
// 2	NT_16(3)	6.9KV_52_MC_111(3)
// 2	NT_15(1)	6.9KV_52_MC_111(1)
// 2	NT_15(2)	6.9KV_52_MC_111(2)
// 2	NT_15(3)	6.9KV_52_MC_111(3)
// 2	NT_14(1)	6.9KV_52_MC_111(1)
// 2	NT_14(2)	6.9KV_52_MC_111(2)
// 2	NT_14(3)	6.9KV_52_MC_111(3)
// 2	NT_13(1)	BUS_52_MC_122(1)
// 2	NT_13(2)	BUS_52_MC_122(2)
// 2	NT_13(3)	BUS_52_MC_122(3)
// 2	NT_12(1)	BUS_52_MC_122(1)
// 2	NT_12(2)	BUS_52_MC_122(2)
// 2	NT_12(3)	BUS_52_MC_122(3)
// 2	NT_11(1)	BUS_52_MC_122(1)
// 2	NT_11(2)	BUS_52_MC_122(2)
// 2	NT_11(3)	BUS_52_MC_122(3)
// 2	NT_55(1)	BUS_52_MC_101(1)
// 2	NT_55(2)	BUS_52_MC_101(2)
// 2	NT_55(3)	BUS_52_MC_101(3)
// 2	NT_52(1)	400V_52_MC_221(1)
// 2	NT_52(2)	400V_52_MC_221(2)
// 2	NT_52(3)	400V_52_MC_221(3)
// 2	NT_53(1)	400V_52_MC_221(1)
// 2	NT_53(2)	400V_52_MC_221(2)
// 2	NT_53(3)	400V_52_MC_221(3)
// 2	NT_54(1)	400V_52_MC_221(1)
// 2	NT_54(2)	400V_52_MC_221(2)
// 2	NT_54(3)	400V_52_MC_221(3)
// 2	NT_10(1)	BUS_52_MC_122(1)
// 2	NT_10(2)	BUS_52_MC_122(2)
// 2	NT_10(3)	BUS_52_MC_122(3)
// 2	NT_9(1)	BUS_52_MC_122(1)
// 2	NT_9(2)	BUS_52_MC_122(2)
// 2	NT_9(3)	BUS_52_MC_122(3)
// 2	NT_8(1)	NT_66(1)
// 2	NT_8(2)	NT_66(2)
// 2	NT_8(3)	NT_66(3)
// 2	NT_7(1)	GND
// 2	NT_7(2)	GND
// 2	NT_7(3)	GND
// 2	NT_7(1)	BUS_52_MC_121(1)
// 2	NT_7(2)	BUS_52_MC_121(2)
// 2	NT_7(3)	BUS_52_MC_121(3)
// 2	NT_6(1)	BUS_52_MC_121(1)
// 2	NT_6(2)	BUS_52_MC_121(2)
// 2	NT_6(3)	BUS_52_MC_121(3)
// 2	NT_5(1)	BUS_52_MC_121(1)
// 2	NT_5(2)	BUS_52_MC_121(2)
// 2	NT_5(3)	BUS_52_MC_121(3)
// 2	NT_4(1)	BUS_52_MC_121(1)
// 2	NT_4(2)	BUS_52_MC_121(2)
// 2	NT_4(3)	BUS_52_MC_121(3)
// 2	NT_3(1)	BUS_52_MC_121(1)
// 2	NT_3(2)	BUS_52_MC_121(2)

7	22	RL	3.738798	0.089	// 2	NT_3(3)	BUS_52_MC_121(3)
2	160	RL	0.15165	0.000373	// 2	NT_2(1)	BUS_52_MC_101(1)
3	161	RL	0.15165	0.000373	// 2	NT_2(2)	BUS_52_MC_101(2)
4	162	RL	0.15165	0.000373	// 2	NT_2(3)	BUS_52_MC_101(3)
1	0	R	2.5		// 1	NT_1	GRD

```

!-----
! Local Transformer Data
!-----

```

# TRANSFORMERS:

```

! 3 Phase, 2 Winding Transformer

```

```

!* Name: T1 Tmva: 0.02 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 0.2 kV, V2: 0.2 kV
!* Imagi: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., Xl: 0.2 p.u.
!* Sat: 0,

```

```

2 / Number of windings...

```

```

163 0 0.0 0.636618772368 /

```

```

166 167 0.0 1.10155513305 0.0 1.9098593171 /

```

```

888 /

```

```

164 0 /

```

```

167 168 /

```

```

888 /

```

```

165 0 /

```

```

168 166 /

```

```

! 3 Phase, 2 Winding Transformer

```

```

!* Name: Tmva: 1.6 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 11.0 kV, V2: 0.525 kV
!* Imagi: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., Xl: 0.1 p.u.
!* Sat: 0,

```

```

2 / Number of windings...

```

```

2 3 0.0 72.2165554279 /

```

```

20 0 0.0 1.98895775555 0.0 0.0548338514871 /

```

```

888 /

```

```

3 4 /

```

```

21 0 /

```

```

888 /

```

```

4 2 /

```

```

22 0 /

```

```

! 3 Phase, 2 Winding Transformer

```

```

!* Name: Tmva: 1.6 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 11.0 kV, V2: 0.525 kV
!* Imagi: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., Xl: 0.1 p.u.
!* Sat: 0,

```

```

2 / Number of windings...

```

```

23 24 0.0 72.2165554279 /

```

```

38 0 0.0 1.98895775555 0.0 0.0548338514871 /

```

```

888 /

```

```

24 25 /

```

```

39 0 /

```

```

888 /

```

```

25 23 /

```

```

40 0 /

```

```

! 3 Phase, 2 Winding Transformer

```

```

!* Name: Tmva: 6.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 11.0 kV, V2: 6.6 kV
!* Imagi: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., Xl: 0.1 p.u.
!* Sat: 0,

```

```

2 / Number of windings...

```

```

53 54 0.0 19.2577481141 /

```

```

56 0 0.0 6.66774409479 0.0 2.11092977369 /

```

```

888 /

```

```

54 55 /

```

```

57 0 /

```

```

888 /

```

```

55 53 /

```

```

58 0 /

```

```

! 3 Phase, 2 Winding Transformer

```

```

!* Name: 52_BW_123 Tmva: 1.6 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 11.0 kV, V2: 0.525 kV
!* Imagi: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., Xl: 0.1 p.u.
!* Sat: 0,

```



```

2 / Number of windings...
77 78 0.0 72.2165554279 /
74 0 0.0 1.98895775555 0.0 0.0548338514871 /
888 /
78 79 /
75 0 /
888 /
79 77 /
76 0 /
!
! 3 Phase, 2 Winding Transformer
!* Name: 52_BW_311 Tmva: 5.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 11.0 kV, V2: 6.9 kV
!* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., X1: 0.1 p.u.
!* Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
115 116 0.0 23.1092977369 /
136 0 0.0 8.36498804619 0.0 3.03084673624 /
888 /
116 117 /
137 0 /
888 /
117 115 /
138 0 /
!
! 3 Phase, 2 Winding Transformer
!* Name: 52_MC_112 Tmva: 9.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 11.0 kV, V2: 6.9 kV
!* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., X1: 0.1 p.u.
!* Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
148 149 0.0 12.8384987427 /
151 0 0.0 4.64721558121 0.0 1.68385929791 /
888 /
149 150 /
152 0 /
888 /
150 148 /
153 0 /
!
! 3 Phase, 2 Winding Transformer
!* Name: Tmva: 650.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 380.0 kV, V2: 380.0 kV
!* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., X1: 0.1 p.u.
!* Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
95 96 0.0 212.141296484 /
98 101 0.0 122.418594696 0.0 70.7137654845 /
888 /
96 97 /
99 101 /
888 /
97 95 /
100 101 /
!
! 3 Phase, 2 Winding Transformer
!* Name: 52_BW_321 Tmva: 2.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 6.9 kV, V2: 0.525 kV
!* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., X1: 0.1 p.u.
!* Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
118 119 0.0 22.7321005218 /
121 0 0.0 0.498095164602 0.0 0.0438670811897 /
888 /
119 120 /
122 0 /
888 /
120 118 /
123 0 /
!
! 3 Phase, 2 Winding Transformer
!* Name: 52_BW_311 Tmva: 5.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 11.0 kV, V2: 400.0 kV
!* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., X1: 0.1 p.u.
!* Sat: 0 ,
2 / Number of windings...

```

```

124 125      0.0 23.1082977369 /
127 0        0.0 484.926843257   0.0 10185.9163579 /
888 /
125 126 /
128 0 /
888 /
126 124 /
129 0 /

```

# DATAUSD:

```

! 1250:[svec] Static Var Compensator
! Static Compensator Data
! 3 Phase, 3 Winding Transformer: 1.6 MVA, 11.0 kV : 11.0 kV : 11.0 kV
4.81443702853 /
0.0 4.81443702853 /
0.0 0.0 4.81443702853 /
26.2576861522 0.0 0.0 144.433110856 /
0.0 26.2576861522 0.0 0.0 144.433110856 /
0.0 0.0 26.2576861522 0.0 0.0 144.433110856 /
15.1598821683 0.0 0.0 83.3841175365 0.0 0.0 48.1443702853 /
0.0 15.1598821683 0.0 0.0 83.3841175365 0.0 0.0 48.1443702853 /
0.0 0.0 15.1598821683 0.0 0.0 83.3841175365 0.0 0.0 48.1443702853 /
0.216649566284 1000.0 1.5e+012 0.005 10000.0 / L RD CD RON ROFF
19.414465417 100.0 2 0 0.0021919839487 / C R(parallel) # of stages Initial #
Min. Cap.

```

```

! 1360:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_22'
! Induction Motor Model Data
-449.0 / HorsePower (-ve)
0.525 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

```

```

! 1370:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_21'
! Induction Motor Model Data
-496.0 / HorsePower (-ve)
0.525 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

```

```

! 1380:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_19'
! Induction Motor Model Data
-359.0 / HorsePower (-ve)
0.525 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

```

```

! 1390:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_18'
! Induction Motor Model Data
-371.0 / HorsePower (-ve)
0.525 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

```

```

! 1400:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_17'
! Induction Motor Model Data
-286.0 / HorsePower (-ve)
0.525 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

```

```

! 1410:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_16'
! Induction Motor Model Data
-744.0 / HorsePower (-ve)
0.525 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

```

```

! 1420:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_8'
! Induction Motor Model Data
-354.0 / HorsePower (-ve)
0.525 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

```

```

! 1430:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_7'
! Induction Motor Model Data
-151.0 / HorsePower (-ve)
0.525 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

! 1440:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_6'
! Induction Motor Model Data
-422.0 / HorsePower (-ve)
0.525 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

! 1450:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_5'
! Induction Motor Model Data
-527.0 / HorsePower (-ve)
0.525 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

! 1460:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_4'
! Induction Motor Model Data
-359.0 / HorsePower (-ve)
0.525 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

! 1470:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_3'
! Induction Motor Model Data
-301.0 / HorsePower (-ve)
0.525 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

! 1480:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_2'
! Induction Motor Model Data
-439.0 / HorsePower (-ve)
0.525 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

! 1490:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_1'
! Induction Motor Model Data
-138.0 / HorsePower (-ve)
0.525 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

! 1500:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_31'
! Induction Motor Model Data
-5.0 / HorsePower (-ve)
0.4 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

! 1510:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_30'
! Induction Motor Model Data
-5.0 / HorsePower (-ve)
0.4 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

! 1520:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_29'
! Induction Motor Model Data
-14.0 / HorsePower (-ve)
0.525 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

! 1530:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_28'
! Induction Motor Model Data
-898.0 / HorsePower (-ve)
6.6 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

! 1540:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_27'
! Induction Motor Model Data
-798.0 / HorsePower (-ve)
6.6 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO

```

---

```
! 1550:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_26'  
! Induction Motor Model Data  
-2011.0 / HorsePower (-ve)  
6.6 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO
```

```
! 1560:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_25'  
! Induction Motor Model Data  
-2011.0 / HorsePower (-ve)  
6.6 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO
```

```
! 1570:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_24'  
! Induction Motor Model Data  
-2011.0 / HorsePower (-ve)  
6.6 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO
```

```
! 1580:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_16'  
! Induction Motor Model Data  
-1260.0 / HorsePower (-ve)  
6.6 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO
```

```
! 1590:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_15'  
! Induction Motor Model Data  
-589.0 / HorsePower (-ve)  
6.6 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO
```

```
! 1600:[sqcl00] Squirrel Cage Induction Machine 'M_14'  
! Induction Motor Model Data  
-2011.0 / HorsePower (-ve)  
6.6 0.02804 376.99 / Vbase Ibase OMO
```

DATADSO:

ENDPAGE

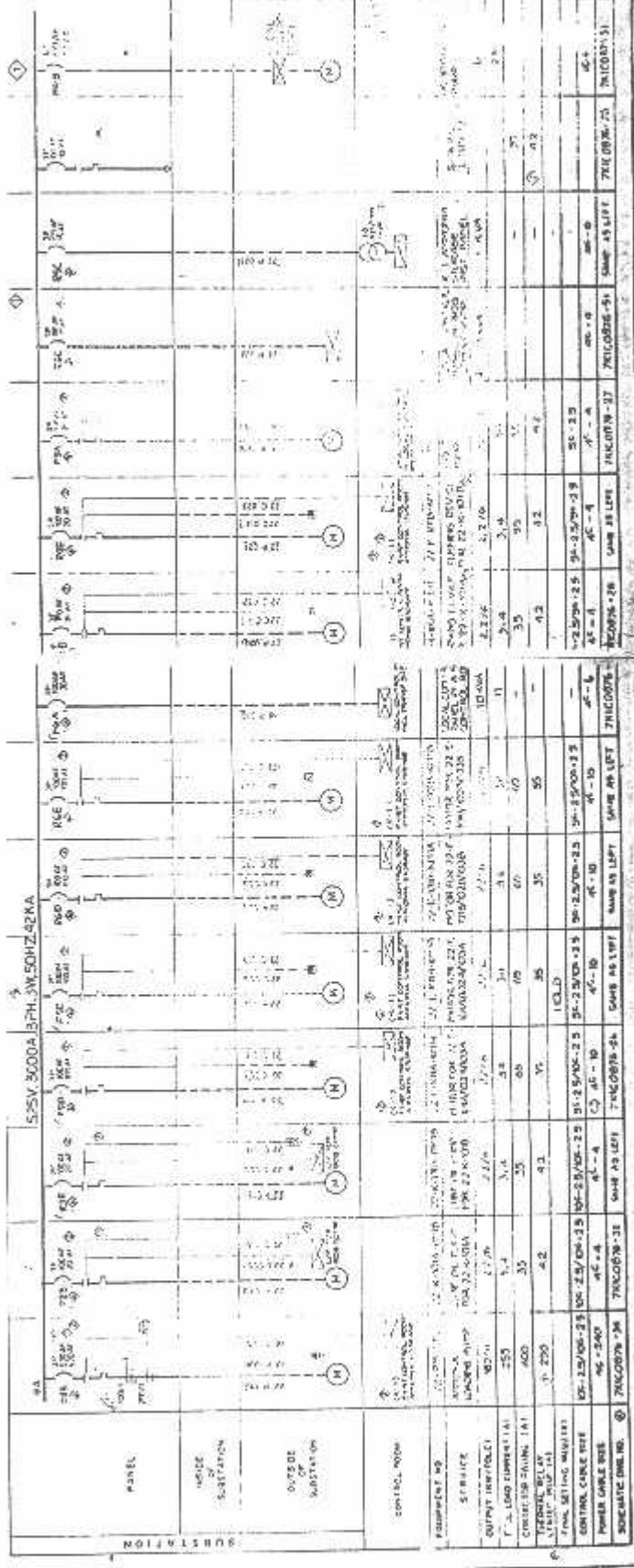
---

1. ES ARE  
2. ES ARE  
3. ES ARE

2. 1/2" x 1/2"

1. 3017  
2. 3017  
3. 3017

EC VECTOR



1. 3017	2. 3017	3. 3017	4. 3017	5. 3017	6. 3017	7. 3017	8. 3017	9. 3017	10. 3017	11. 3017	12. 3017	13. 3017	14. 3017	15. 3017	16. 3017	17. 3017	18. 3017	19. 3017	20. 3017	21. 3017	22. 3017	23. 3017	24. 3017	25. 3017	26. 3017	27. 3017	28. 3017	29. 3017	30. 3017	31. 3017	32. 3017	33. 3017	34. 3017	35. 3017	36. 3017	37. 3017	38. 3017	39. 3017	40. 3017	41. 3017	42. 3017	43. 3017	44. 3017	45. 3017	46. 3017	47. 3017	48. 3017	49. 3017	50. 3017	51. 3017	52. 3017	53. 3017	54. 3017	55. 3017	56. 3017	57. 3017	58. 3017	59. 3017	60. 3017	61. 3017	62. 3017	63. 3017	64. 3017	65. 3017	66. 3017	67. 3017	68. 3017	69. 3017	70. 3017	71. 3017	72. 3017	73. 3017	74. 3017	75. 3017	76. 3017	77. 3017	78. 3017	79. 3017	80. 3017	81. 3017	82. 3017	83. 3017	84. 3017	85. 3017	86. 3017	87. 3017	88. 3017	89. 3017	90. 3017	91. 3017	92. 3017	93. 3017	94. 3017	95. 3017	96. 3017	97. 3017	98. 3017	99. 3017	100. 3017
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------




No	Waktu	Nama / Nim	Judul Makalah	Dosen Pengamat & Moderator	Ruang
1.	09.00 - 09.45	<u>Paschelis R.G.W</u> 0312064	Analisa Penggunaan Scr (Silicon Comntroled Rectifier) Sebagai Pengendali Motor De Menggunakan Sofwere Matlab Simulink 7.0 Di Laboratorium Konversi Energi Elektrik ITN Malang	Ir. M. Abdul Hamid, MT Ir. Widodo Pudji M, MT 1. Irine Budi S, ST, MT 2. Ir. H. Choirul Saleh, MT	AMPI. 2 LANTAL 3
2.	09.45 - 10.30	<u>Muzi Arizandy</u> 0312020	Analisa Penggunaan Pwm Inverter 1 Fasa Inipolar Pada Motor Induksi Satu Fasa Menggunakan Sofwere Matlab Di Laboratorium Konversi Energi Elektrik ITN Malang		
3.	10.30 - 11.15	<u>Edwin Prasetyo</u> 0112105	Optimasi Penempatan Kapasitor Pada Jaringan Distribusi Primer 20 Kv Dengan Metode Artificial Immune System Pada Pada Gi Pakis Penyulang Tumpang	Ir. H. Choirul Saleh, MT Irrine Budi S, ST, MT 1. Ir. Widodo Pudji M, MT 2. Ir. M. Abdul Hamid, MT	
4.	11.15 - 12.00	<u>Erik Christianto</u> 0312012	Analisa Perkiraan Pembebanan Jangka Pendek Dengan Metode Additive Decomposition Menggunakan Software QM (Quantitative Method) Pada Gi Segoro Madu Gresik	Ir. H. Choirul Saleh, MT Ir. Eko Nurcahyo 1. Yusuf Ismail Nakhoda, MT 2. Ir. M. Abdul Hamid, MT	
5.	12.00 - 12.45	<u>Padang Jumadi</u> 0112141	Optimasi Penempatan Kapasitor Shunt Pada Jaringan Distribusi Primer 20 Kv Type Radial Dengan Menggunakan Metode RCGA (Real Coded Genetic Algorithm)		
6.	12.45 - 13.30	<u>Rizky H Avianto</u> 0412003	Perancangan Dan Pembuatan Sistem Pengendali Water Level Control Menggunakan Sms Berbasis Programmable Logic Controller Zelio Logic SR 2	Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT Ir. F. Yudi Limpraptono, MT 1. Ir. Eko Nurcahyo 2. Ir. H. Choirul Saleh, MT	
7.	12.45 - 13.30	<u>Abdul Somad</u> 0312024	Analisa Pemasangan Filter Harmonik dan SVC (Static Var Compensator) Untuk Perbaikan Profile Tegangan dan Faktor Daya di PT Pupuk Kalimantan Timur Menggunakan Sofwere PSCAD Power System Simulation	Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT Ir. H. Choirul Saleh, MT 1. Ir. Eko Nurcahyo 2. Ir. M. Abdul Hamid, MT	

**Catatan :**

- Peserta seminar wajib membawa kartu seminar, semua mahasiswa tingkat akhir wajib hadir
- ada absensi kehadiran
- Pakaian rapi baju putih bawahan hitam, berdasari dan besepatu hitam

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. F. Yudi Limpraptono, MT *Def*  
NIP. 1039500274



Hari/ Tanggal : Senin / 23 Juni 2008

No	Waktu	Nama / Nim	Judul Makalah	Pembimbing Kelompok Dosen Keahlian	Ruang
1.	09.00 - 09.45	<u>Elipit Pibrianto</u> 0212024	Perancangan dan Pembuatan Alat Pengatur Putaran Motor DC Menggunakan Algoritma Pid Controller Berbasis Mikrokontroler AT mega 8535	Ir. Widodo Pudji M, MT Ir. Eko Nurcahyo 1. Ir. M. Abdul Hamid, MT 2. Teguh Herbasuki, MT	Seminar Lantai 1
2.	09.45 - 10.30	<u>Dito Handoyo</u> 0012152	Analisa Penempatan Kapasitor Shunt Untuk Mereduksi Rugi Rugi Daya Menggunakan Metode Fuzzy Dynamic Programming Pada Gardu Induk Pakis Malang	Ir. Teguh Herbasuki, MT Ir. H. Choirul Saleh, MT 1. Ir. Eko Nurcahyo 2. Ir. M. Abdul Hamid, MT	
3.	10.30 - 11.15	<u>Dieki Imansyah</u> 0212084	Analisa Motor Induksi 3 Fasa Sebagai Generator Induksi 3 Fasa di Laboratorium Konversi Energi Listrik ITN Malang Dengan Menggunakan Software Matlab	Ir. M. Abdul Hamid, MT Bambang Prio Hartono, ST, MT 1. Ir. Eko Nurcahyo 2. Ir. H. Choirul Saleh, MT	
4.	11.15 - 12.00	<u>Eajar Andi S</u> 0312037	Analisa Pemasangan Filter Harmonik dan PFC (Power Factor Control) Untuk Perbaikan Profile Tegangan dan Faktor Daya Di PT Perkebunan Nusantara 12 (Persero) Kertowand Menggunakan Software PSCAD Power System Simulation	Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT Ir. Eko Nurcahyo 1. Ir. H. Choirul Saleh, MT 2. Ir. M. Abdul Hamid, MT	
5.	12.00 - 12.45	<u>Abdul Somad</u> 0312024	Analisa Pemasangan Filter Harmonik dan SVC (Static Var Compensator) Untuk Perbaikan Profile Tegangan dan Faktor Daya di PT Pupuk Kalimantan Timur Menggunakan Software PSCAD Power System Simulation	Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT Ir. H. Choirul Saleh, MT 1. Ir. Eko Nurcahyo 2. Ir. M. Abdul Hamid, MT	

Mengetahui  
 Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1  
Ir. F. Yudi Limpraptono, MT  
 Nip. Y. 1039500274



# DAFTAR MOTOR - MOTOR LISTRIK KALTIM - 3

## AREA : AMMONIA

ITEM	SERVICE	KW	PANEL / UNIT	VOLT	KETERANGAN
1-PM-201 B	HP BFW PUMP	1320	52-MC-111 / 3A	6600	MOTOR HIGH VOLTAGE
1-PM-301 A	HPC SOLUTION CIRC PUMP	13 1500	52-MC-111 / 3B	6600	MOTOR HIGH VOLTAGE
1-PM-301 B	HPC SOLUTION CIRC PUMP	12 1500	52-MC-111 / 4A	6600	MOTOR HIGH VOLTAGE
1-PM-202 A	PHOSPHATE INJC PUMP	0.75	52-MC-121 / R6A	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-202 B	PHOSPHATE INJC PUMP	0.75	52-MC-121 / R6A	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-203 A	HYDRAZINE INJC PUMP	0.2	52-MC-121 / R6A	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-203 B	HYDRAZINE INJC PUMP	0.2	52-MC-121 / R6A	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-204 A	AMMONIA INJC PUMP	0.2	52-MC-121 / R6A	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-204 B	AMMONIA INJC PUMP	0.2	52-MC-121 / R6A	500	LOKAL PANEL CHEM
1-GM-202	PHOSPHATE MIXER	0.4	52-MC-121 / R6A	500	LOKAL PANEL CHEM
1-GM-204	AMMONIA MIXER	0.4	52-MC-121 / R6A	500	LOKAL PANEL CHEM
1-GM-301	HPC SOLUTION AGITATOR	0.4	52-MC-121 / R	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-302 A	COLD CONDENSATE PUMP	30	52-MC-121 / R2C	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-302 B	COLD CONDENSATE PUMP	30	52-MC-121 / R3C	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-303	SLOP SOLUTION PUMP	11	52-MC-121 / R4B	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-304 A	HOT CONDENSATE PUMP	15	52-MC-121 / R2B	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-304 B	HOT CONDENSATE PUMP	15	52-MC-121 / R3B	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-305	HPC SOLUTION SUMP PUMP	3.7	52-MC-121 / R5B	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-501 A	AMM PUMP FOR STORAGE	55	52-MC-121 / R2D	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-501 B	AMM PUMP FOR STORAGE	55	52-MC-121 / R3D	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-502 A	AMM PUMP FOR UREA	55	52-MC-121 / R4D	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-502 B	AMM PUMP FOR UREA	55	52-MC-121 / R5D	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-503 A	DRAIN AMM PUMP	15	52-MC-121 / R4C	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-503 B	DRAIN AMM PUMP	15	52-MC-121 / R5C	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-601 B	STEAM CONDENSATE PUMP	30	52-MC-121 / R6C	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-602 A	RECOVERY COND PUMP	22	52-MC-121 / R6D	500	LOKAL PANEL CHEM
1-PM-602 B	RECOVERY COND PUMP	22	52-MC-121 / R6E	500	LOKAL PANEL CHEM
1-P-201 A-PM1B	L / O PUMP FOR 1-P-201 A	2.2	52-MC-921 / F4B	500	LOKAL PANEL CHEM
1-P-201 B-PM1B	L / O PUMP FOR 1-P-201 B	2.2	52-MC-921 / F4C	500	LOKAL PANEL CHEM
1-KM-101 A	FLUE GAS FAN	110	52-MC-121 / F2B	500	LOKAL PANEL CHEM
1-KM-101 B	FLUE GAS FAN	110	52-MC-121 / F3B	500	LOKAL PANEL CHEM
1-KM-201	START UP N2 BLOWER	185	52-MC-121 / F4B	500	LOKAL PANEL CHEM
1-K-201-PM1	OIL CIRC FOR 1-K-201	1.5	52-MC-121 / F8A	500	LOKAL PANEL CHEM
1-FM-401-1	ROLL OTOMATIC FOR FILTER	0.2	52-MC-121 / F8D	500	LOKAL PANEL CHEM
1-FM-401-2	WEATHER LOUVER FOR FILTER	3.7	52-MC-121 / F7B	500	LOKAL PANEL CHEM
1-K-402-PM1B	L / O PUMP FOR 1-K-402	55	52-MC-921 / F3D	500	LOKAL PANEL CHEM

## AREA : AMMONIA

ITEM	SERVICE	KW	PANEL / UNIT	VOLT	KETERANGAN
1-K-402-KM3	TURNING MOTOR FOR 1-K-402	0.75	52-MC-921 / F3C	500	LOKAL PANEL CHEM
1-K-403-PM1B	L / O PUMP FOR 1-K-403 / 404	45	52-MC-921 / F5C	500	LOKAL PANEL CHEM
1-K-403-PM2B	S / O PUMP FOR 1-K-403 / 404	75 $\Delta$	52-MC-121 / F7D	500	LOKAL PANEL CHEM
1-TS-403-PM1B	TURNING MOTOR FOR 1-TS-403	1.5	52-MC-921 / F3B	500	LOKAL PANEL CHEM
1-K-405-PM1B	L/O & S/O PUMP FOR 1-K-405	37	52-MC-921 / F5D	500	LOKAL PANEL CHEM
1-K-405-PM2B	TAPROGGE PUMP FOR 1-E-405	2.2 $\Delta$	52-MC-121 / R7C	500	LOKAL PANEL CHEM
1-XM-401 A	MOTOR HOISTING	17	52-MC-921 / F5B	500	OHC COMPRESSOR
1-XM-401 BCDE	MOTOR TRAVELING	1.5	52-MC-921 / F5B	500	OHC COMPRESSOR
1-XM-401 F,G	MOTOR TRAVERSING	1.5	52-MC-921 / F5B	500	OHC COMPRESSOR
1-XV-251	LTS BYPASS	7.5	52-MC-921 / R3C	500	MOTOR VALVE
1-XV-252	LTS INLET	7.5	52-MC-921 / R3D	500	MOTOR VALVE
1-XV-451	REC GAS COM OUTLET	7.5	52-MC-921 / R3E	500	MOTOR VALVE
1-XV-452	REC GAS COM INLET	7.5	52-MC-921 / R4C	500	MOTOR VALVE
1-XV-453	SYNTHETIC GAS	7.5	52-MC-921 / R4D	500	MOTOR VALVE
52-LN-111	FOR AMM UNIT WEST	7.5	52-MC-121 / R8B	220	LIGHTING NORMAL
52-LN-112	FOR AMM UNIT EAST	7.5	52-MC-121 / R8C	220	LIGHTING NORMAL
52-LN-113	FOR AMM UNIT NORTH	7.5	52-MC-121 / R8D	220	LIGHTING NORMAL
52-LN-142	FOR AMM COMP SHELTER	7.5	52-MC-121 / R8E	220	LIGHTING NORMAL
52-LN-141	FOR AMM MAINT STATION	7.5	52-MC-921 / R5B	220	LIGHTING NORMAL
52-LR-111	FOR AMM PLANT	7.5	52-MC-921 / R5C	220	RECEPTACLE PANEL
52-LE-111	FOR AMM UNIT WEST	7.5	52-MC-921 / R5D	220	LIGHTING EMERGENCY
52-LE-112	FOR AMM UNIT EAST	7.5	52-MC-921 / R5E	220	LIGHTING EMERGENCY
RP-500 V	FOR OIL PURIFIER	7.5	52-MC-121 / R7A	500	DI UNIT COMPRESSOR
WR-380 V	FOR AMM PLANT	7.5	52-MC-921 / R3B	380	WELDING RECEPTACLE
52-FC-F01/F02	FIRE ALARM PANEL	7.5	52-MC-924	380	WELDING RECEPTACLE
52-MS-F01	MOTOR SIREN	15	52-MC-923/F1C	550	WELDING RECEPTACLE
52-WO-1	WELDING OUTLET NH3 WEST	15	52-MC-924 / F3D	380	WELDING RECEPTACLE
52-WO-2	WELDING OUTLET NH3 EAST	15	52-MC-924 / F3E	380	WELDING RECEPTACLE

# AREA : UREA

ITEM	SERVICE	KW	PANEL / UNIT	VOLT	KETERANGAN
2-P-902 PM1A	L/O PUMP FOR 2-P-902 A	0.4	52-MC-922 / F3A	500	OVER HEAD CRANE
2-P-902 PM1B	L/O PUMP FOR 2-P-902 B	0.4	52-MC-922 / F3B	500	OVER HEAD CRANE
2-PM-902 A	HP FLUSH WATER PUMP	45	52-MC-122 / F3D	500	OVER HEAD CRANE
2-PM-902 B	HP FLUSH WATER PUMP	45	52-MC-122 / F4D	500	OVER HEAD CRANE
2-KM-101	PROCESS AIR BLOWER	90	52-MC-122 / F4B	500	OVER HEAD CRANE
2-X-602	ELEVATOR	11/2.7	52-MC-922 / R5C	500	OVER HEAD CRANE
2-B-620	SEEDING SYSTEM FEEDER	11/2.8	52-MC-122 / R6B	500	OVER HEAD CRANE
2-KM-603 A	PRILLING FAN	45	52-MC-122 / F5B	500	OVER HEAD CRANE
2-KM-603 B	PRILLING FAN	45	52-MC-122 / F6B	500	OVER HEAD CRANE
2-KM-603 C	PRILLING FAN	45	52-MC-122 / F7B	500	OVER HEAD CRANE
2-KM-603 D	PRILLING FAN	45	52-MC-122 / F8B	500	OVER HEAD CRANE
2-KM-611	FLUIDIZATION AIR FAN	75	52-MC-122 / F9C	500	OVER HEAD CRANE
2-PM-603 A	UREA SOLUTION RECOV PUMP	3.7	52-MC-122 / R8D	500	OVER HEAD CRANE
2-PM-603 B	UREA SOLUTION RECOV PUMP	3.7	52-MC-122 / R8E	500	OVER HEAD CRANE
2-KM-604	DISSOLVING DRUM FAN	1.5	52-MC-122 / R7B	500	OVER HEAD CRANE
2-PM-604	UREA SOLUTION SUMP PUMP	3.2	52-MC-122 / R7C	500	OVER HEAD CRANE
2-P-301-PM1A	L/O PUMP FOR 2-PM-301A	1.5	52-MC-922 / R5D	500	OVER HEAD CRANE
2-P-301-PM1B	L/O PUMP FOR 2-PM-301B	1.5	52-MC-922 / R5E	500	OVER HEAD CRANE
2-P-102-PM1A	L/O PUMP FOR 2-PM-102A	1.5	52-MC-922 / F5B	500	OVER HEAD CRANE
2-P-102-PM1B	L/O PUMP FOR 2-PM-102B	1.5	52-MC-922 / F5C	500	OVER HEAD CRANE
SA-PM-004 A	CONDENSATE PUMP	18.5	52-MC-122 / R3C	500	EXPORT TO KSB
SA-PM-004 B	CONDENSATE PUMP	18.5	52-MC-122 / R4C	500	EXPORT TO KSB
2-PM-301 A	CARBAMATE PUMP	220	52-MC-111 / 5B	6600	MOTOR HIGH VOLTAGE
2-PM-301 B	CARBAMATE PUMP	220	52-MC-111 / 6A	6600	MOTOR HIGH VOLTAGE
2-PM-102 A	AMMONIA PUMP	470	52-MC-111 / 4B	6600	MOTOR HIGH VOLTAGE
2-PM-102 B	AMMONIA PUMP	470	52-MC-111 / 5A	6600	MOTOR HIGH VOLTAGE
52-LN-121	FOR UREA UNIT WEST	50 KVA	52-MC-122 / R5A	220	LIGHTING NORMAL
52-LN-122	FOR UREA STRUCTURE	50 KVA	52-MC-122 / R5B	220	LIGHTING NORMAL
52-LN-144	FOR CO2 COMP SHELTER	15 KVA	52-MC-122 / R6A	220	LIGHTING NORMAL
52-LE-121	FOR UREA PLANT	6.5KVA	52-MC-922 / R3A	220	LIGHTING EMERGENCY
52-WO-1	WELDING OUTLET UREA WEST	6.5KVA	52-MC-924 / F4C	380	LIGHTING EMERGENCY
52-WO-2	WELD. OUT UREA STRUCTURE	6.5KVA	52-MC-924 / F4D	380	LIGHTING EMERGENCY
2-LM-101	BELT CONVEYOR	11	52-MC-221 / F2D	380	SS.2
2-LM-601	BELT CONVEYOR	3.7	52-MC-221 / F2C	380	SS.2
52-LN-201	FOR NO 2 SUBSTATION	3.7	52-MC-221 / R2B	220	SS.2

# DAFTAR MOTOR - MOTOR LISTRIK KALTIM - 3

## AREA : UREA

ITEM	SERVICE	KW	PANEL / UNIT	VOLT	KETERANGAN
2-PM-103 B	STEAM CONDENSATE PUMP	15	52-MC-122 / F9A	500	OVER HEAD CRANE
2-X-101	MOTOR HOISTING	17	52-MC-922 / R4C	500	OVER HEAD CRANE
2-X-101 A / B	MOTOR TRAVELLING	1.5	52-MC-922 / R4C	500	OVER HEAD CRANE
2-X-101 A / B	MOTOR TRAVERSING	1.5	52-MC-922 / R4C	500	OVER HEAD CRANE
2-PM-201 A	CIRC WATER PUMP HP SCRUB.	55	52-MC-122 / R2D	500	OVER HEAD CRANE
2-PM-201 B	CIRC WATER PUMP HP SCRUB.	55	52-MC-122 / R3D	500	OVER HEAD CRANE
P-300 K3	HP CARBAMATE PUMP	110	52-MC-122 / R10A	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-303 A	UREA SOLUTION PUMP	22	52-MC-122 / F11D	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-303 B	UREA SOLUTION PUMP	22	52-MC-122 / F11E	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-306 A	CIRCULATION WATER PUMP	75	52-MC-122 / F5C	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-306 B	CIRCULATION WATER PUMP	75	52-MC-122 / F6C	500	FOR MELAMINE PLANT
P-400 K3	UREA MELT TRANSFER PUMP	55	52-MC-122 / R8A	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-401 A	UREA MELT PUMP	75	52-MC-122 / F7C	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-401 B	UREA MELT PUMP	75	52-MC-122 / F8C	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-703 A	DESORBER FEED PUMP	37	52-MC-122 / F10C	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-703 B	DESORBER FEED PUMP	37	52-MC-122 / F10D	500	FOR MELAMINE PLANT
2-KM-612	EBC EXHAUST FAN	55	52-MC-122 / R4D	500	FOR MELAMINE PLANT
2-GM-602 A	PRILLING EQUIPMENT	2.5	52-MC-122 / R2A	500	FOR MELAMINE PLANT
2-GM-602 B	PRILLING EQUIPMENT	2.5	52-MC-122 / R2B	500	FOR MELAMINE PLANT
2-BM-604 A	SCRAPER	11	52-MC-122 / R5D	500	FOR MELAMINE PLANT
2-BM-604 B	SCRAPER	11	52-MC-122 / R5E	500	FOR MELAMINE PLANT
2-B-604-KM1	VENTILATION AIR MOTOR 2B-604	0.2	52-MC-122 / R5C	500	FOR MELAMINE PLANT
2-XM-612	ROTARY VALVE	0.4	52-MC-122 / R3B	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-350 A	UF MERTERING PUMP	0.75	52-MC-122 / R7D	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-350 B	UF MERTERING PUMP	0.75	52-MC-122 / R7E	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-351 A	UF UNLOADING PUMP	2.2	52-MC-122 / R6D	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-351 B	UF UNLOADING PUMP	2.2	52-MC-122 / R6E	500	FOR MELAMINE PLANT
2-GM-603	AGITATOR DISSOLVING DRUM	0.4	52-MC-122 / R8C	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-704 A	L.P ABSORBER FEED PUMP	18.5	52-MC-122 / F10A	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-704 B	L.P ABSORBER FEED PUMP	18.5	52-MC-122 / F10B	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-707 A	PROCESS CONDENSATE PUMP	11	52-MC-122 / R2C	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-707 B	PROCESS CONDENSATE PUMP	11	52-MC-122 / R3C	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-801 A	HYDROLYZER FEED PUMP	90	52-MC-122 / F2B	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-801 B	HYDROLYZER FEED PUMP	90	52-MC-122 / F3B	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-802 A	REFLUX PUMP	5.5	52-MC-122 / F5A	500	FOR MELAMINE PLANT
2-PM-802 B	REFLUX PUMP	5.5	52-MC-122 / F6A	500	FOR MELAMINE PLANT



# DAFTAR MOTOR - MOTOR LISTRIK KALTIM - 3

## A : UTILITY

EM	SERVICE	KW	PANEL / UNIT	VOLT	KETERANGAN
-101A	DILUTION AIR BLOWER	0.4	52-MC-123 / R3D	500	HIGH VOLTAGE
-101B	DILUTION AIR BLOWER	0.4	52-MC-123 / R3C	500	HIGH VOLTAGE
-101A	SEA WATER PUMP	1500	52-MC-112 / 3A	6600	HIGH VOLTAGE
-101B	SEA WATER PUMP	1500	52-MC-112 / 3B	6600	HIGH VOLTAGE
-101C	SEA WATER PUMP	1500	52-MC-112 / 4A	6600	HIGH VOLTAGE
-102 A	HYPOC NORM DOSING PUMP	45	52-MC-123 / R4A	500	HIGH VOLTAGE
-102 B	HYPOC NORM DOSING PUMP	45	52-MC-123 / R4B	500	HIGH VOLTAGE
-102 A	FAN FOR TRANSF / RECTIFIER	0.4	52-MC-123 / R4B	500	LOCAL PANEL
-102 B	FAN FOR TRANSF / RECTIFIER	0.4	52-MC-123 / R4B	500	LOCAL PANEL
-102 A	TRAVERSING TRASH RAKE	3.7	52-MC-923 /	500	LOCAL PANEL
-102 B	TRAVERSING TRASH RAKE	1.5	52-MC-923 /	500	LOCAL PANEL
-103 A	ROTARY SCREEN	5.5/2.75	52-MC-123 / R2A	500	LOCAL PANEL
-103 B	ROTARY SCREEN	5.5/2.75	52-MC-123 / R2B	500	LOCAL PANEL
-103 A	HYPOC DOSING PUMP	45	52-MC-123 / R4C	500	LOCAL PANEL
-103 B	HYPOC DOSING PUMP	45	52-MC-123 / R4D	500	LOCAL PANEL
-104	ACID CLEANING PUMP	3.7	52-MC-123 / R3B	500	LOCAL PANEL
-106-A	OVER HEAD CRANE ( HOIST )	12	52-MC-123 / R3B	500	LOCAL PANEL
-106-B	OVER HEAD CRANE ( TRAVEL )	0.75	52-MC-123 / R3B	500	LOCAL PANEL
-106-C	OVER HEAD CRANE ( TRAVEL )	0.75	52-MC-123 / R3B	500	LOCAL PANEL
-106-D	OVER HEAD CRANE ( TRAVERS )	0.75	52-MC-123 / R3B	500	LOCAL PANEL
-106-E	OVER HEAD CRANE ( TRAVERS )	0.75	52-MC-123 / R3B	500	LOCAL PANEL
-111	MOTOR VALVE SEA WATER PUMP	0.4	52-MC-923 / R4C	500	LOCAL PANEL
-112	MOTOR VALVE SEA WATER PUMP	0.4	52-MC-923 / R4D	500	LOCAL PANEL
-113	MOTOR VALVE SEA WATER PUMP	0.4	52-MC-923 / R4E	500	LOCAL PANEL
12A	CHLORINATION UNIT A	0.4	52-MC-123 / R9B	500	LOCAL PANEL
12B	CHLORINATION UNIT A	0.4	52-MC-123 / R10B	500	LOCAL PANEL
-201B	SWEET WATER CIRC.PUMP NO 1	375	52-MC-112 / F4B	6600	HIGH VOLTAGE
-211B	SWEET WATER CIRC.PUMP NO 2	220	52-MC-112 / F5A	6600	HIGH VOLTAGE
-202A	EMERG. SWEET WATER PUMP	18.5	52-MC-923 / F3C	500	HIGH VOLTAGE
-202B	EMERG. SWEET WATER PUMP	18.5	52-MC-923 / F4C	500	HIGH VOLTAGE
-203A	STEAM CONDENSATE PUMP	5.5	52-MC-923 / F4D	500	LOCAL PANEL
-203B	STEAM CONDENSATE PUMP	5.5	52-MC-923 / F4D	500	LOCAL PANEL
201-PM	L/O PUMP FOR 12-TS-201	1.5	52-MC-923 / F4D	500	LOCAL PANEL
211-PM	L/O PUMP FOR 12-TS-211	1.5	52-MC-923 / F4D	500	LOCAL PANEL
-001A	SEA WATER BOOSTER PUMP	45	52-MC-123 / F2B	500	LOCAL PANEL
-001B	SEA WATER BOOSTER PUMP	45	52-MC-123 / F3B	500	LOCAL PANEL
-002A	DESALINATED WATER PUMP	18.5	52-MC-123 / F2A	500	LOCAL PANEL
-002B	DESALINATED WATER PUMP	18.5	52-MC-123 / F3A	500	LOCAL PANEL
-003A	BLOW DOWN PUMP	75	52-MC-123 / F2C	500	LOCAL PANEL
-003B	BLOW DOWN PUMP	75	52-MC-123 / F3C	500	LOCAL PANEL

## A : UTILITY

EM	SERVICE	KW	PANEL / UNIT	VOLT	KETERANGAN
-004A	CONDENSATE PUMP	3.7	52-MC-123 / F2B	500	LOCAL PANEL
-004B	CONDENSATE PUMP	3.7	52-MC-123 / F2B	500	LOCAL PANEL
-005A	ANTI FOAM / SCALE INJECT PUMP	0.4	52-MC-123 / F5B	500	LOCAL PANEL
-005AR	ANTI FOAM / SCALE INJECT PUMP	0.4	52-MC-123 / F5C	500	LOCAL PANEL
-005B	ANTI FOAM / SCALE INJECT PUMP	0.4	52-MC-123 / F6B	500	LOCAL PANEL
-005BR	ANTI FOAM / SCALE INJECT PUMP	0.4	52-MC-123 / F6C	500	LOCAL PANEL
-001A	ANTI FOAM / SCALE MIXER PUMP	0.4	52-MC-123 / R7D	500	LOCAL PANEL
-001B	ANTI FOAM / SCALE MIXER PUMP	0.4	52-MC-123 / F7D	500	LOCAL PANEL
-006A	ACID CLEANING PUMP	2.5	52-MC-123 / F7D	380	PORTABLE UNIT

4-006B	ACID CLEANING PUMP	0.4	52-MC-123 / F7D	380	PORTABLE UNIT
1-007A	BALL CIRCULATION PUMP	5.5	52-MC-123 / F5E	500	PORTABLE UNIT
1-007B	BALL CIRCULATION PUMP	5.5	52-MC-123 / F6E	500	PORTABLE UNIT
1-101A	DEGASIFIER WATER TRANSF PUMP	11	52-MC-123 / F8A	500	PORTABLE UNIT
1-101B	DEGASIFIER WATER TRANSF PUMP	11	52-MC-123 / F8B	500	PORTABLE UNIT
1-101A	DEGASIFIER FAN	1.1	52-MC-123 / F8C	500	PORTABLE UNIT
1-101B	DEGASIFIER FAN	1.1	52-MC-123 / F8D	500	PORTABLE UNIT
1-201A	MIXBED FEED PUMP	55	52-MC-123 / F9D	500	PORTABLE UNIT
1-201B	MIXBED FEED PUMP	55	52-MC-123 / F6E	500	PORTABLE UNIT
1-201C	MIXBED FEED PUMP	55	52-MC-123 / R6D	500	PORTABLE UNIT
1-201	MIXING BLOWER	30	52-MC-123 / F8E	500	PORTABLE UNIT
1-202A	WASTE WATER PUMP	11	52-MC-123 / F9A	500	PORTABLE UNIT
1-202B	WASTE WATER PUMP	11	52-MC-123 / F10A	500	PORTABLE UNIT
1-203A	ACID TRANSFER PUMP	0.75	52-MC-123 / F9B	500	PORTABLE UNIT
1-203B	ACID TRANSFER PUMP	0.75	52-MC-123 / F10B	500	PORTABLE UNIT
1-204A	NAOH TRANSFER PUMP	0.75	52-MC-123 / F9C	500	PORTABLE UNIT
1-204B	NAOH TRANSFER PUMP	0.75	52-MC-123 / F10C	500	PORTABLE UNIT
1-001	FUEL OIL PUMP	1.5	52-MC-923 / F5D	500	PORTABLE UNIT
1-101B	DEMINERALIZED WATER PUMP	185	52-MC-123 / F11B	500	PORTABLE UNIT
1-101C	DEMINERALIZED WATER PUMP	185	52-MC-123 / F7B	500	PORTABLE UNIT
1-201A	BFW PUMP FOR WHB	335	52-MC-112 / F5B	6600	HIGH VOLTAGE
1-201B	BFW PUMP FOR WHB	335	52-MC-112 / F6A	6600	HIGH VOLTAGE
1-202A	PHOSPHATE PUMP	0.4	52-MC-123 / R7B	500	CHEMICAL LCP
1-202B	PHOSPHATE PUMP	0.4	52-MC-123 / R7B	500	CHEMICAL LCP
1-203A	AMMONIA PUMP	0.4	52-MC-123 / R7B	500	CHEMICAL LCP
1-203B	AMMONIA PUMP	0.4	52-MC-123 / R7B	500	CHEMICAL LCP
1-204A	HYDRAZINE PUMP	0.4	52-MC-123 / R7B	500	CHEMICAL LCP
1-204B	HYDRAZINE PUMP	0.4	52-MC-123 / R7B	500	CHEMICAL LCP
1-201	PHOSPHATE MIXER	0.4	52-MC-123 / R7B	500	CHEMICAL LCP
1-202	AMMONIA MIXER	0.4	52-MC-123 / R7B	500	CHEMICAL LCP

## A : UTILITY

EM	SERVICE	KW	PANEL / UNIT	VOLT	KETERANGAN
1-201A	FLAME SCANNER COOLING FAN	2.2	52-MC-923 / F5E	500	CHEMICAL LCP
1-201B	FLAME SCANNER COOLING FAN	2.2	52-MC-923 / R4E	500	CHEMICAL LCP
1-201	ISOLATION DAMPER	5.5	52-MC-923 / F4E	500	CHEMICAL LCP
201-KM1	AIR BARRIER FAN OF ISOLATION	5.5	52-MC-923 / R5E	500	CHEMICAL LCP
1-101M1	EMERGENCY COMPRESSOR	5.5	52-MC-923 / F7A	500	LOKAL PANEL
1-101M2	EMERGENCY COMPRESSOR	5.5	52-MC-923 / F7A	500	LOKAL PANEL
1-101M1	EMERGENCY COMPRESSOR	5.5	52-MC-923 / F7A	500	LOKAL PANEL
1-101M2	EMERGENCY COMPRESSOR	5.5	52-MC-923 / F7A	500	LOKAL PANEL
C-3	FAN COOLING 16-Z-001	20	52-MC-923 / R4A	380	LOKAL PANEL
C-4	FAN COOLING 16-Z-001	20	52-MC-923 / R4B	380	LOKAL PANEL
-131	LIGHTING NORMAL	20	52-MC-123 / R7C	220	UTILITY AREA WEST
-132	LIGHTING NORMAL	20	52-MC-123 / R7D	220	UTILITY AREA EAST
-133	LIGHTING NORMAL	20	52-MC-123 / R7E	220	SEA WATER INTAKE
-145	LIGHTING EMERGENCY	20	52-MC-923 / R5E	220	UTILITY MAINTENANCE
-146	LIGHTING EMERGENCY	20	52-MC-924 / F3C	220	NO1 SUB STATION
-147	LIGHTING EMERGENCY	20	52-PP-003/MC-923	220	CONTROL BUILD.1ST
-148	LIGHTING EMERGENCY	20	52-PP-003/MC-923	220	CONTROL BUILD.2ND
-149	LIGHTING EMERGENCY	20	52-MC-923 / R6D	220	SWI HOUSE
-150	LIGHTING NORMAL	20	52-MC-923 /	220	STREET LIGHTING
-131	LIGHTING EMERGENCY	20	52-MC-923 / R6B	220	UTILITY AREA WEST
-132	LIGHTING EMERGENCY	20	52-MC-923 / R6C	220	UTILITY AREA EAST
-151	LIGHTING EMERGENCY	20	52-MC-923 / F2B	220	NO-4 SUB STATION
-131	RECEPTACLE PANEL	20	52-MC-923 / R5C	220	UTILITY AREA WEST
-132	RECEPTACLE PANEL	20	52-MC-923 / R5D	220	UTILITY AREA EAST
3-111/11	WELDING RECEPTACLE/OUT LET	20	52-MC-924 / F3D	380	UTILITY AREA EAST

-113/11	WELDING RECEPTACLE/OUT LET	20	52-MC- 924 / F3E	380	UTILITY AREA EAST
-311/31	WELDING RECEPTACLE/OUT LET	20	52-MC- 924 / F2C	380	WEST AREA
-313/31	WELDING RECEPTACLE/OUT LET	20	52-MC- 924 / F2D	380	EAST AREA
-315	WELDING RECEPTACLE/OUT LET	20	52-MC- 924 / F2E	380	SEA WATER INTAKE
01	UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY	20	52-MC- 922-923 / R5B	500	NORMAL / BY PASS
	POWER SUPPLY FOR BUILDING	20	52-MC- 923 / R5A	500	NORMAL / BY PASS
101	BATTERY CHARGER HVSG/SS1	20	52-MC- 923 / F6B	500	NORMAL / BY PASS
-01	CATHODIC PROTECTION GAS PIPE	20	52-MC-123 / R6A	500	NORMAL / BY PASS
-02	CATHODIC PROTECTION SWI	20	52-MC-123 / R6B	500	NORMAL / BY PASS